



TESIS- SF2006

PENCITRAAN TOMOGRAFI SEISMIK 3D PULAU JAWA MENGGUNAKAN *LOCAL TOMOGRAPHY SOFTWARE* (LET) LOTOS-12

Khoirun Nisa
NRP 1113201001

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. rer-nat. Bagus Jaya Santosa, S.U

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN GEOFISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



TESIS- SF2006

3D SEISMIC TOMOGRAPHY OF JAVA ISLAND USING LOCAL TOMOGRAPHY SOFTWARE (LET) LOTOS-12

KHOIRUN NISA
NRP 1113201001

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. rer-nat. Bagus Jaya Santosa, S.U

MAGISTER PROGRAM
STUDY ON GEOPHYSICS
PHYSICS DEPARTMENT
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Sains (M.Si)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :
Khoirun Nisa
NRP. 1113201001

Tanggal Ujian : 26 Juni 2015
Periode Wisuda : September

Disetujui oleh :

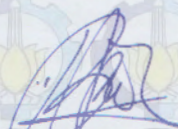
1. Prof. Dr. rer-nat. Bagus Jaya Santosa, SU
NIP: 19620802 198701 1 001


(Pembimbing)

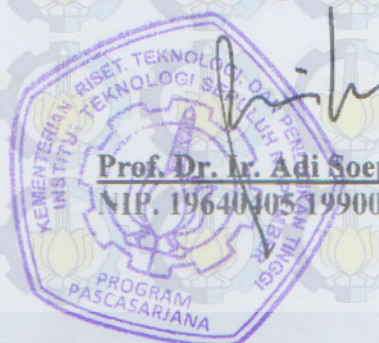
2. Dr. rer-nat. Eko Minarto, M.Si
NIP: 19750205 199903 1 004


(Penguji)

3. Dr. Bintoro Anang Subagyo, M.Si
NIP: 19790716 200501 1 002


(Penguji)

Direktur Program Pascasajana,



Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, M.T
NIP. 19640405 199002 1 001

PENCITRAAN TOMOGRAFI SEISMIK 3D PULAU JAWA MENGGUNAKAN *LOCAL TOMOGRAPHY* SOFTWARE (LET) LOTOS-12

Nama mahasiswa : Khoirun Nisa

NRP : 1113201001

Pembimbing : Prof. Dr. rer-nat. Bagus Jaya Santosa, S.U.

ABSTRAK

Pulau Jawa merupakan salah satu pulau yang rawan terjadi gempa bumi dan aktivitas vulkanik, karena di pulau jawa terdapat pertemuan dua lempeng tektonik besar yaitu Lempeng Eurasia yang tertekuk dan menyusup ke bawah lempeng Indo-Australia hingga masuk ke daerah subduksi. Metode seismik merupakan salah satu cara untuk dapat mengetahui kondisi bawah permukaan bumi di pulau jawa. Metode ini merupakan metode pengembangan karakteristik model 1D menjadi model 3D berdasarkan data gelombang seismik. Data input yang digunakan adalah gempa tektonik yang terjadi di Pulau Jawa dalam rentang waktu 1 Januari 2010 sampai 1 Januari 2013. Tercatat 61 event yang direkam di 44 stasiun pengamat gempa di sekitar Pulau Jawa. Tahapan-tahapan dalam penelitian ini yaitu *picking* gelombang P dan S dengan menggunakan SeisGram2K60, kemudian merelokasi hiposenter dengan *software* HypoDD, untuk selanjutnya dilakukan inversi tomografi *Local Earthquake Tomography* menggunakan *software* LOTOS 12. Kecepatan gelombang P (V_p) dan kecepatan gelombang S (V_s) pada beberapa bagian dalam Bumi Pada kerak bagian atas, V_p sekitar 6,243 km/s sampai 8,076 km/s dan V_s sekitar 3,243 km/s sampai 4,576 km/s, Pada kerak bagian bawah, V_p sekitar 8,076 km/s sampai 8,217 km/s dan V_s sekitar 4,269 km/s sampai 4,576 km/s, dan Pada mantel bagian atas, V_p sekitar 8,217 km/s dan V_s sekitar 4,884 km/s. Pada kedalaman sekitar 0 km hingga 20 km memiliki rasio V_p/V_s tinggi, sedangkan rasio V_p/V_s yang rendah berada pada mayoritas kedalaman 20 km hingga 115 km.

Kata kunci : tomografi, seismik, model kecepatan 3D, *Local Earthquake Tomography*

3D SEISMIC TOMOGRAPHY OF JAVA ISLAND USING LOCAL TOMOGRAPHY SOFTWARE (LET) LOTOS-12

Name : Khoirun Nisa
Student Identity : 1113201001
Advisor : Prof. Dr. rer-nat. Bagus Jaya Santosa, S.U.

ABSTRACT

Java is one of the islands are prone to earthquakes and volcanic activity, because in Java have collision of two major tectonic plates that are bent Eurasian Plate and slipped under Indo - Australia Plate to get into subduction zones. Seismic method is one way determine of subsurface conditions in the island of Java. The Method is development characteristic of 1D models into a 3D model based on the data inputs used seismic wave data is tectonic earthquake that occurred on the island of Java in the span of January 1, 2010 until January 1, 2013. Recorded 61 events were recorded in 44 earthquake monitoring stations in around the island of Java. The stages in this study are picking P and S waves using SeisGram2K60, then relocated hypocenter with HypoDD software, for further tomographic inversion Local Earthquake Tomography using software Lotos 12. The result show that in upper crust have V_p is 6.243 km/s until 8.076 km/s and V_s is 3.243 km/s until 4.576 km/s, in lower crust have V_p is 8.076 km/s until 8.217km/s and V_s is 4.269 km/s until 4.576 km/s, in upper mantle have V_p is 8.217 km/s and V_s is 4.884 km/s. In the vertical plane, minimum V_p/V_s ratio obtainable in depth 20 km – 115 km while high V_p/V_s ratio obtainable in depth 0 km – 20 km. 3D tomography have anomaly variation of V_p and V_s in Java Island that have negative anomaly because of subduction between Indo-Australia Plate and Eurasia Plate.

Kata kunci : seismic tomography, 3D velocity model, *Local Earthquake Tomography*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT Tuhan semesta alam yang senantiasa memberikan rahmat dan hidayat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul "*Pencitraan Tomografi Seismik 3D Pulau Jawa Menggunakan Local Tomography Software (LET) LOTOS-12*", sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan program strata dua (S2) Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penyusunan tesis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. rer-nat. Bagus Jaya Santosa, SU., selaku Dosen Pembimbing tesis dan Dosen wali yang telah meluangkan waktu, pikiran, bimbingan dalam penulisan tesis ini;
2. Dr. rer-nat Eko Minarto, M.Si., selaku Dosen Penguji I dan Dr. Bintoro Anang Subagyo, M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian, bimbingan, kritik dan saran demi kesempurnaan tesis ini;
3. Seluruh staf pengajar Jurusan Fisika dan Fakultas MIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember juga Pak Kiswanto selaku staff laboratorium Geofisika yang telah memberikan dukungan dan saran dalam mengerjakan tesis.
4. Kedua Orang Tua, kedua Kakak, Suami, dan Anakku yang terhebat dalam memberi semangat dalam penyelesaian Tesis.
5. Teman-teman Laboratorium Geofisika, Pak Arif yang telah mengajari cara mengoperasikan hypoDD, Arya, Indru, Mbak Susi, Diah,, Rijal, Intan dan teman-teman pascasarjana fisika yang telah memberikan perhatian, doa dan semangat dalam menyelesaikan tesis.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan tesis ini. Akhirnya penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat.

Surabaya, Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2. KAJIAN TEORI.....	5
2.1 Geologi Umum Pulau Jawa.....	5
2.2 Gelombang Seismik.....	6
2.2.1 <i>Body Wave</i>	7
2.2.2 <i>Surface Wave</i>	8
2.3 Metode Tomografi Seismik.....	9
2.4 Penentuan Hiposenter	10
2.5 Seismik Tomografi dengan LOTOS.....	12
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	17
3.1 Alat.....	17
3.2 Data Penelitian.....	17
3.3 Pemilihan Data.....	17
3.4 Rancangan Penelitian.....	18
3.5 Prosedur Penelitian.....	19
3.5.1 Studi Pustaka.....	19
3.5.2 <i>Picking Data</i>	19

3.5.3 Optimalisasi mode ID dan lokasi awal sumber.....	19
3.5.4 Persiapan <i>File</i> Data Input.....	19
3.5.5 Penentuan Parameter Inversi Tomografi.....	19
3.5.6 Penentuan Iterasi dan <i>Output Display</i>	20
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1 Data Perekaman dan Pra Processing Data.....	21
4.2 Relokasi Hiposenter.....	23
4.3 Hasil inversi Tomografi.....	29
BAB 5. Kesimpulan dan Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA.....	43

DAFTAR TABEL

	Halaman
4.1 Hasil Relokasi Hiposenter.....	24
4.2 Nilai RMS	26
4.3 Model Referensi Kecepatan Gelombang P dan S.....	30

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Data gempa dari WEBDC.....	45
Lampiran 2 Data Stasiun..	47
Lampiran 3 Data picking Seisgram.....	49
Lampiran 4 Biodata penulis.....	71

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu wilayah yang memiliki kondisi geologi yang menarik, hal ini dikarenakan gugusan kepulauannya terbentuk akibat tumbukan lempeng-lempeng tektonik besar. Indonesia merupakan pertemuan 3 lempeng tektonik yang besar yaitu lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik. Tumbukan antara lempeng Indo-Australia menghasilkan jalur penunjaman di selatan Pulau Jawa, jalur gunung aktif dari sepanjang Pulau Sumatera, dan Pulau Jawa bagian selatan sampai di Nusa Tenggara.

Pulau Jawa memiliki luas sekitar 139.000 km² dengan penduduk 136 juta jiwa. Pulau ini merupakan salah satu wilayah terpadat di dunia. Hampir keseluruhan wilayah Pulau Jawa memperoleh dampak dari aktifitas gunung berapi. Terdapat tiga puluh delapan gunung yang terbentang dari timur ke barat yang dalam waktu tertentu pernah menjadi gunung berapi aktif.

Secara astronomis Pulau Jawa terletak di $-9^{\circ} - (-6)^{\circ}$ LU dan $105^{\circ} - 115^{\circ}$ BT. Dari letak astronomis tersebut dapat diketahui bahwa terdapat pertemuan dua lempeng tektonik besar. Lempeng Indo-Australia bergerak ke arah utara bertemu dengan Lempeng Eurasia, karena lempeng laut bersifat lebih berat maka terbentuk daerah subduksi. Pertemuan lempeng ini bersifat tumbukan yang mengakibatkan terjadinya *trench* (palung laut), yang mana *trench* di Pulau Jawa ini bersifat tegak lurus atau frontal. Selain itu akibat dari tumbukan juga mengakibatkan terjadinya cekungan busur besar dan cekungan busur tersier. Untuk *continental crust* (kerak Benua), cekungan busur besar ini berkembang di Jawa bagian barat, sedangkan untuk *Oceanic crust* (kerak Samudera) cekungan busur besar terjadi di Sumbawa. Setelah mengalami cekungan busur besar, Pulau Jawa juga mengalami cekungan busur tersier, yang mana cekungan ini terbentuk di sepanjang *continental crust* pada dasar selat sunda, sedangkan untuk *oceanic crust* cekungan ini berkembang di sepanjang utara Bali dan Pulau Flores.

Tumbukan antar lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia ini tertekuk dan menyusup ke bawah lempeng pasifik hingga masuk ke Astenosfer (Zona Subduksi), dimana di tempat ini merupakan kedudukan titik fokus Gempa Tektonik, sehingga mengakibatkan Pulau Jawa menjadi daerah yang berpotensi mengalami gempa.

Metode seismik tomografi merupakan salah satu cara untuk dapat mengetahui kondisi bawah permukaan bumi di pulau Jawa, yaitu dengan menggunakan data bentuk gelombang (*waveform*) atau data waktu tiba (*travel time*) dari gelombang seismik. Iyer dan Hirahara (1993:2) juga mengatakan bahwa sebagian besar gambar dari seismik tomografi didasarkan pada distribusi kecepatan gelombang gempa yang ditentukan dengan data waktu tiba gelombang gempa.

Metode seismik tomografi terdiri dari 2 buah permodelan yaitu permodelan ke depan (*forward tomography*) dan permodelan ke belakang (*inverse tomography*). Pada penelitian kali ini penulis menggunakan permodelan kebelakang atau bisa disebut permodelan inversi, karena dalam permodelan ini parameter diperoleh secara langsung dari data seismik. Parameter yang digunakan dalam permodelan kali ini adalah parameter kecepatan dari gelombang P (V_p) dan gelombang S (V_s) yang diperoleh dari data seismik berdasarkan waktu tiba gelombang-gelombang gempa yang terekam di 44 stasiun pencatat gempa yang berada di Pulau Jawa yang diolah sehingga didapat pencitraan struktur 3D di bawah permukaan Pulau Jawa.

Untuk mendapatkan pencitraan struktur 3D yang baik dan terperinci, peneliti menggunakan alat bantu yaitu berupa software pencitraan tomografi *Local Tomography Software* (LOTOS) . Software ini di desain oleh Kulakov pada tahun 2009 dengan beberapa kelebihan yaitu menghasilkan inversi $V_p - V_p/V_s$, data yang diperlukan sederhana dan menghasilkan pencitraan struktur bawah permukaan wilayah Pulau Jawa secara rinci dan detail.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- a. Bagaimana tahapan-tahapan pengolahan data seismik dengan menggunakan software *Local Earthquake Tomography* (LET) LOTOS-12.
- b. Bagaimana menentukan distribusi anomali kecepatan gelombang-P dan kecepatan gelombang-S.
- c. Bagaimana pencitraan tomografi 3D Pulau Jawa dengan menggunakan inversi tomografi *Local Earthquake Tomography* (LET) LOTOS-12.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin di capai pada penelitian ini adalah:

- a. Memahami tahapan-tahapan pengolahan data seismik dengan menggunakan software *Local Earthquake Tomography* (LET) LOTOS-12.
- b. Menentukan distribusi anomali kecepatan gelombang-P dan kecepatan gelombang-S.
- c. Memperoleh pencitraan tomografi 3D di Pulau Jawa dengan menggunakan inversi tomografi *Local Earthquake Tomography* (LET) LOTOS-12.

1.4 Batasan Masalah

Masalah pada penelitian ini dibatasi pada beberapa hal yaitu:

- a. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data seismik yang telah terekam oleh stasiun pencatat gempa yang tersebar di seluruh wilayah di Pulau Jawa, dalam rentang waktu mulai tanggal 1 Januari 2010 sampai dengan 1 Januari 2013.
- b. Pengolahan data awal untuk mendapatkan waktu tiba dari gelombang P (t_p) dan gelombang S (t_s)
- c. Penentuan hypocenter dengan menggunakan software HypoDD.
- d. Proses inversi tomografi *Local Earthquake Tomography* (LET) LOTOS-12.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan proposal kali ini terdiri dari Bab I Pendahuluan yang memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan. Bab II Tinjauan Pustaka yang berisi tentang dasar teori yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian, Bab III Metodologi Penelitian yang berisi tahapan-tahapan penelitian, Bab IV Hasil dan Pembahasan yang berisi tentang hasil dan analisis data yang diperoleh selama penelitian, Bab V Penutup yang berisi kesimpulan dan saran.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Geologi Umum Pulau Jawa

Pulau Jawa merupakan salah satu Pulau terpadat di dunia dengan luas sekitar 139.000 km² dengan penduduk 136 juta jiwa. Hampir seluruh Pulau Jawa memperoleh dampak dari aktivitas gunung merapi. Lempeng Indo-Australia bergerak ke arah utara bertemu dengan Lempeng Eurasia. Pertemuan lempeng ini bersifat tumbukan yang mengakibatkan terjadinya *trench* (palung laut), yang mana *trench* di Pulau Jawa ini bersifat tegak lurus atau frontal. Selain itu akibat dari tumbukan juga mengakibatkan terjadinya cekungan busur besar dan cekungan busur tersier. Untuk *continental crust* (kerak Benua), cekungan busur besar ini berkembang di Jawa bagian barat, sedangkan untuk *Oceanic crust* (kerak Samudera) cekungan busur besar terjadi di Sumbawa. Setelah mengalami cekungan busur besar, Pulau Jawa juga mengalami cekungan busur tersier, yang mana cekungan ini terbentuk di sepanjang *continental crust* pada dasar Selat Sunda, sedangkan untuk *oceanic crust* cekungan ini berkembang di sepanjang utara Bali dan pulau Flores.

Tumbukan antar lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia ini tertekuk dan menyusup ke bawah lempeng pasifik hingga masuk ke Astenosfer (Zona Subduksi), dimana di tempat ini merupakan kedudukan titik fokus Gempa Tektonik, sehingga mengakibatkan Pulau Jawa menjadi daerah yang berpotensi mengalami gempa. Selain dari pengaruh tumbukan lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia, aktivitas gunung api atau vulkanisme di Pulau Jawa terjadi di bawah permukaan bumi disebabkan oleh tekanan dan temperatur tinggi.

Tercatat 144 kali terjadi gempa bumi di Pulau Jawa dengan minimum magnitude sebesar 3 SR dalam kurun waktu dari 01 Januari 2010 - 01 Januari 2013 dan sebanyak 61 gempa dengan magnitude minimum 4.7 SR yang tercatat di dari data tersebut bisa dikatakan Pulau Jawa termasuk wilayah rawan gempa bumi. Dengan menggunakan metode seismik tomografi dapat diketahui pencitraan

struktur bawah permukaan dari Pulau Jawa dengan menggunakan parameter parameter dari gelombang seismik yang terekam di stasiun pengamat.



Gambar 2.1 Peta Event dan letak stasiun pencatat gempa di Pulau Jawa

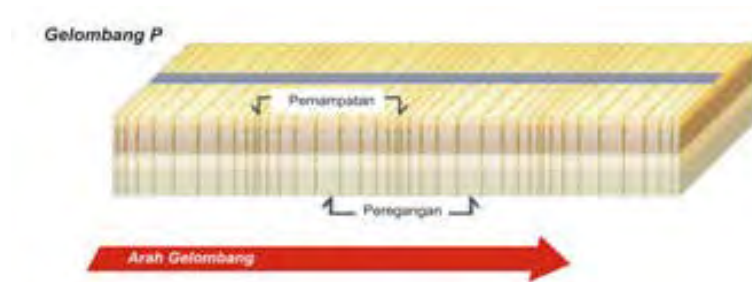
(Sumber: <http://www.webdc.eu/webdc3/>)

2.2 Gelombang Seismik

Gelombang seismik merupakan gelombang yang merambat melalui bumi yang perambatan bergantung pada sifat elastic batuan. Sumber gelombang seismik pada mulanya berasal dari gempa bumi alam yang dapat berupa gempa vulkanik maupun gempa tektonik. Gelombang seismik dibedakan menjadi dua macam yaitu gelombang badan (*body wave*) dan gelombang permukaan (*surface wave*).

2.2.1 Gelombang Badan (*body wave*)

Gelombang badan adalah gelombang yang menjalar dalam media elastic dan arah perambatannya keseluruh bagian di dalam bumi. Berdasarkan arah penjalarannya gelombang dapat dibedakan menjadi gelombang Primer dan gelombang Sekunder (Gylfy dan Axel, 1991).



Gambar 2.2 Pergerakan gelombang Primer pada partikel batuan

Gelombang Primer atau bisa disebut gelombang P adalah gelombang seismik yang mempunyai arah rambat dan arah getar searah dengan arah gerak batuan yang dilewati oleh gelombang. Gelombang P merupakan gelombang yang pertama kali sampai pada alat pencatat gempa/seismogram dengan kisaran kecepatan 6-7 km/detik. Secara matematis hubungan kecepatan gelombang P (V_p) dapat dirumuskan sebagai berikut (Kayal, 2002):

$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \quad (2.1)$$

dengan λ adalah konstanta elastisitas volume, μ adalah modulus rigiditas, sedangkan ρ adalah rapat jenis.

Gelombang Sekunder atau bisa disebut gelombang S adalah gelombang seismik yang terjadi akibat adanya eksitasi gempa bumi yang mempunyai arah rambat dan arah getaran tegak lurus dengan arah gerak batuan yang dilalui. Kecepatan gelombang S lebih rendah dibandingkan dengan kecepatan gelombang P yaitu sekitar 3.5 km/detik. Secara matematis kecepatan gelombang sekunder dapat ditulis:

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (2.2)$$

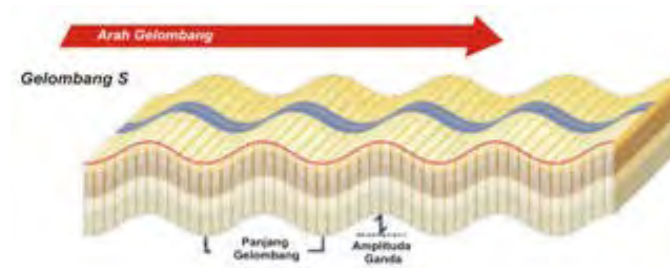
Perbandingan antara cepat rambat gelombang P dan gelombang S akan menghasilkan suatu konstanta yang disebut dengan *Poisson ratio*.

$$\frac{V_p}{V_s} = \sqrt{\frac{2(1-\sigma)}{(1-2\sigma)}} \quad (2.3)$$

Sehingga

$$\sigma = \frac{1}{2} \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1} \right] \quad (2.4)$$

dengan σ adalah *Poisson ratio*.

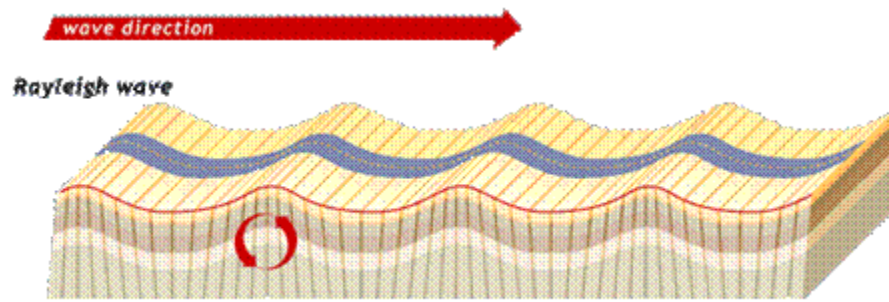


Gambar 2.3 Pergerakan gelombang Sekunder pada partikel batuan

2.2.2 Gelombang Permukaan (*surface wave*)

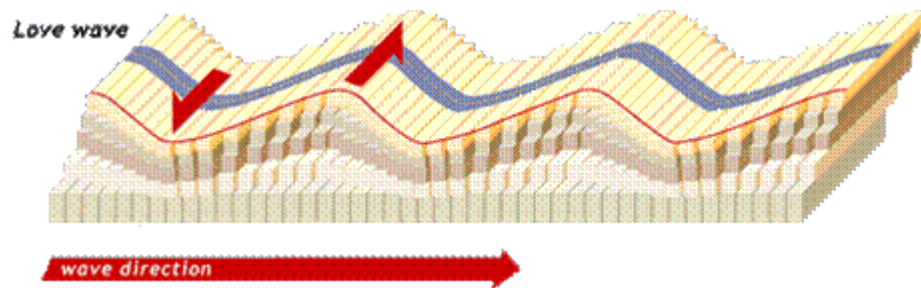
Gelombang permukaan merupakan gelombang yang kompleks dengan frekuensi rendah dan amplitudo besar yang menjalar akibat adanya efek *free surface* dimana terdapat perbedaan elastic. Jenis dari gelombang permukaan ada dua yaitu gelombang Rayleigh dan gelombang Love.

Gelombang Rayleigh merupakan gelombang yang orbit gerakannya elips tegak lurus dengan permukaan dan arah penjarannya. Gelombang Rayleigh terjadi akibat adanya interferensi antara gelombang tekan dan gelombang geser secara konstruktif.



Gambar 2.4 Pergerakan gelombang Rayleigh

Gelombang Love merupakan gelombang permukaan yang menjalar dalam bentuk gelombang transversal yang merupakan gelombang S horizontal yang penjalarannya paralel dengan permukaannya.



Gambar 2.5 Pergerakan gelombang Love

2.3 Metode Tomografi seismik

Seismik tomografi merupakan sebuah metode geofisika untuk mengetahui kondisi bawah permukaan bumi berdasarkan data waktu tiba gelombang P dan S yang terekam seismogram yang berada di stasiun pengamat gempa. Menurut Tien-when dan Philip (1994:1) Seismik tomografi adalah suatu teknik pencitraan yang menghasilkan gambar dari suatu objek dengan memanfaatkan respon objek terhadap energi eksternal yang bersifat non-destruktif. Hasil pengolahan dan analisa gelombang yang dihasilkan akan memberikan gambaran struktur 3D interior bumi secara rinci.

Berdasarkan jenis permodelannya seismik tomografi dibagi menjadi dua, yaitu pemodelan kedepan (*forward modeling*) dan pemodelan kebelakang (*inverse*

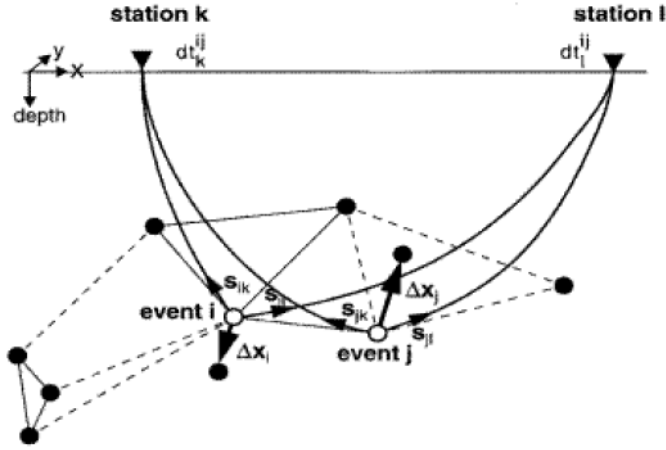
modeling). Pemodelan kedepan dilakukan dengan cara menentukan parameter model terlebih dahulu, lalu diperiksa apakah model tersebut menghasilkan data yang sesuai dengan data pengamatan. Sedangkan pemodelan kebelakang sering dikatakan sebagai kebalikan dari pemodelan kedepan karena dalam pemodelan kebelakang parameter diperoleh secara langsung dari data, dan dapat didefinisikan sebagai suatu teknik untuk mendapatkan informasi yang berguna mengenai suatu fenomena fisika berdasarkan pengamatan. Pada penelitian kali ini metode seismik tomografi yang digunakan adalah pemodelan kebelakang atau bisa disebut pemodelan inversi, karena Parameter langsung diperoleh dari data gelombang seismik.

2.4 Penentuan lokasi Hiposenter

Hiposenter merupakan lokasi dari sumber gempa yang terdiri atas *longitude* (x_0), *latitude* (y_0), kedalaman (z_0) serta data waktu asal. Ada tiga metode yang dapat digunakan untuk menentukan hiposenter yaitu *Single Event Determination* (SED), *Joint Hypocenter* (JHD), dan *Double Difference* (DD).

Pada penelitian kali ini metode yang digunakan adalah metode Double Difference(DD), yaitu metode yang memanfaatkan data tempuh dari suatu pasangan gempa ke stasiun. Software yang digunakan dalam implementasi metode ini adalah software HypoDD yang dibuat oleh Waldhauser dan Ellsworth (2000)

Prinsip metode DD ini adalah jika jarak persebaran hiposenter antara dua gempa sangat kecil dibanding jarak antara hiposenter – stasiun, maka *raypath* kedua gempa dapat dianggap mendekati sama. Dengan asumsi selisih waktu tempuh antara kedua gempa yang terekam pada satu stasiun yang sama dapat dianggap hanya sebagai fungsi jarak antara kedua hiposenter. Sehingga kesalahan model kecepatan bisa diminimalkan tanpa menggunakan koreksi stasiun.



Gambar 2.6 Ilustrasi algoritma gempa *double-difference*.

Dari gambar 2.6 dapat dilihat lingkaran hitam dan putih menunjukkan hiposeter uji yang dihubungkan dengan gempa-gempa disekitarnya dengan menggunakan data korelasi silang (garis utuh) dan katalog (garis putus-putus). Untuk dua gempa i dan j , lokasi awal (lingkaran putih) dan s adalah *vektor slowness*, dengan mengacu pada dua stasiun k dan l (Waldhauser dan Ellsworth, 2000).

Metode DD merupakan pengembangan dan modifikasi dari metode Geiger (Geiger, 1910) dengan menggunakan selisih waktu tempuh pasangan gempa yang berasal dari data katalog. Perbedaan selisih waktu tempuh observasi dan kalkulasi dari dua data gempa (dr_{ij}) dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$dr_k^{ij} = (T_k^i - T_k^j)^{obs} - (T_k^i - T_k^j)^{cal} \dots (2.5)$$

Dengan:

dr_k^{ij} : waktu tempuh residual dari dua gempa bumi i dan j di stasiun pengamat k yang dihitung berdasarkan perbedaan waktu tempuh observasi dan kalkulasi untuk dua gempa.

T_k^i : waktu tempuh gempa i ke stasiun k .

T_k^j : waktu tempuh gempa j ke stasiun k .

Jika *slowness* tidak konstan akibat hubungan antara waktu tempuh dan lokasi gempa bumi tidak linier, maka persamaan (2.5) dapat dilinierkan menggunakan ekspansi Taylor orde pertama sebagai berikut:

$$dr_k^{ij} = \frac{\partial T_k^i}{\partial x} dx^i + \frac{\partial T_k^i}{\partial y} dy^i + \frac{\partial T_k^i}{\partial z} dz^i + d\tau^i - \frac{\partial T_k^j}{\partial x} dx^j - \frac{\partial T_k^j}{\partial y} dy^j - \frac{\partial T_k^j}{\partial z} dz^j - d\tau^j \dots \dots (2.6)$$

Parameter-parameter hiposenter direpresentasikan oleh x , y , z , dan τ yang merupakan posisi dan waktu awal. Waktu tempuh residual ditentukan oleh perubahan ke-4 parameter untuk setiap 2 gempa yang terlibat dalam pasangan gempa bumi.

Persamaan yang digunakan adalah:

$$WGm = Wd \dots (2.7)$$

Dimana

W : Matriks diagonal untuk pembobotan apriori berdasarkan kualitas dari *picking* tiap *event* dengan nilai dari 0 dan 1. Waktu tiba gelombang P dan S dibobotkan secara sama

G : Matriks turunan parsial waktu tempuh pasangan gempa terhadap parameter model untuk sejumlah n gempa yang diamati di stasiun k .

$$[G] = \begin{bmatrix} \frac{\partial T_k^1}{\partial x} & \frac{\partial T_k^1}{\partial y} & \frac{\partial T_k^1}{\partial z} & 1 & -\frac{\partial T_k^2}{\partial x} & -\frac{\partial T_k^2}{\partial y} & -\frac{\partial T_k^2}{\partial z} & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \frac{\partial T_k^1}{\partial x} & \frac{\partial T_k^1}{\partial y} & \frac{\partial T_k^1}{\partial z} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{\partial T_k^3}{\partial x} & -\frac{\partial T_k^3}{\partial y} & -\frac{\partial T_k^3}{\partial z} & -1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \frac{\partial T_k^{n-1}}{\partial x} & \frac{\partial T_k^{n-1}}{\partial y} & \frac{\partial T_k^{n-1}}{\partial z} & 1 & -\frac{\partial T_k^n}{\partial x} & -\frac{\partial T_k^n}{\partial y} & -\frac{\partial T_k^n}{\partial z} & -1 \end{bmatrix} \dots (2.8)$$

m : Matriks yang berisi vektor perubahan posisi relatif pasangan hiposenter terhadap posisi relatif hiposenter dugaan (awal) tiap pasangan hiposenter pada satu kelompok (*cluster*).

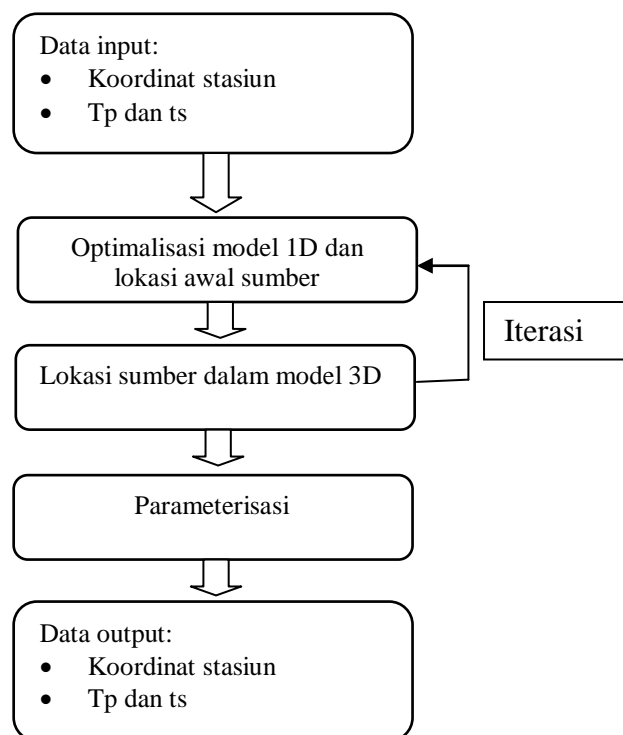
$$[m]^T = [dx^1 \quad dy^1 \quad dz^1 \quad d\tau^1 \quad \dots \quad dx^n \quad dy^n \quad dz^n \quad d\tau^n]^T \dots\dots(2.9)$$

d : Matriks residual waktu tempuh seluruh pasangan gempa yang diterima pada suatu stasiun.

$$[d]^T = [dr_k^{12} \quad dr_k^{13} \quad \dots \quad dr_k^{ij}]^T \dots\dots(2.10)$$

2.5 Seismik Tomografi dengan Lotos

LOTOS (Local Tomography Software) merupakan salah satu software yang dapat digunakan untuk dapat menginterpretasikan tomografi di suatu daerah berdasarkan gelombang-gelombang seismik yang terdapat di daerah tersebut. LOTOS dikembangkan oleh Koulakov pada tahun 2009 yang di desain untuk dapat menginversi struktur kecepatan gelombang P dan S yang simultan dengan koodinat sumber.



Gambar 2.7 Skema kerja Algoritma LOTOS

Software LOTOS versi 12 mempunyai beberapa kelebihan dari versi sebelumnya. Software ini selain bisa menginversi Vp dan Vs juga bisa untuk menginversi Vp-Vp/Vs. struktur file dan program lebih sederhana, hasil dalam bidang horizontal dapat ditampilkan dalam tipe PNG bitmap tanpa menggunakan software grafis lainnya, disediakan tool untuk simulasi data buatan yang dapat digunakan untuk penyebaran jaringan, disediakan beberapa contoh berbeda yang dapat digunakan untuk mengkontruksi model baru, selain itu juga disediakan panduan yang sangat membantu dalam penggunaan software ini (Koulakov, 2009). Langkah langkah dalam menggunakan Algoritma LOTOS ada tiga yaitu, Optimisasi yang simultan untuk model kecepatan 1D dan lokasi awal sumber, Lokasi sumber dalam model kecepatan 3D, Inversi yang simultan untuk parameter sumber dan model kecepatan menggunakan beberapa grid parameterisasi.

1. Algoritma Optimisasi Kecepatan 1D dan Lokasi Awal Sumber

Gambar 2.6 menjelaskan langkah yang ditempuh untuk memperoleh model 1D yang optimum dan lokasi awal sumber. Langkah-langkah utama tersebut telah mencakup beberapa langkah berikut ini (Koulakov I., 2009:8).

Langkah 1. Pemilihan data untuk optimisasi. Data yang terpilih adalah data yang terdistribusi secara merata pada kedalaman yang sama.

Langkah 2. Perhitungan waktu tiba gelombang dalam model 1D. Pada iterasi pertama, model ditetapkan berdasarkan menggunakan informasi awal.

Langkah 3. Lokasi sumber dalam model 1D. Waktu tiba gelombang dihitung berdasarkan data yang didapat dari Langkah 1. Perhitungan lokasi sumber didasarkan pada perhitungan *goal function* (GF) (Koulakov dan Sobolev, 2006):

$$G = \frac{\sum_{i=1}^N A(\Delta t_1) B(\Delta d_1) C}{\sum_{i=1}^N B(\Delta d_1) C} \quad (2.11)$$

N adalah jumlah total *event* yang terekam dan A adalah nilai residual

$$A(\Delta t_i) = \begin{cases} 1, & \text{if } |\Delta t_i| / C_{PS} < \tau_1 \\ (\Delta t_i - \tau_2) / (\tau_1 - \tau_2), & \text{if } \tau_1 < |\Delta t_i| / C_{PS} < \tau_2 \\ 0, & \text{if } |\Delta t_i| / C_{PS} > \tau_2 \end{cases} \quad (2.12)$$

τ_1 dan τ_2 adalah limit untuk nilai residual. apabila nilai residual kurang dari τ_1 , maka GF menjadi 1, namun bila kurang dari τ_1 , maka GF menjadi 0. Nilai τ_1 dan τ_2 ditentukan dari nilai prediksi dari anomali kecepatan. B adalah jarak kebergantungan seperti yang dituliskan pada Pers.(2.12).

$$B = \begin{cases} 1, & \text{jika } d_i < d_{min} \\ (d_{min}/d_i)^m, & \text{jika } d_i > d_{min} \end{cases} \quad (2.13)$$

dan C merupakan fase pembobotan. Bobot untuk fase gelombang P adalah 1, untuk gelombang S lebih kecil dari P ($W_s=1/P$). Sedangkan untuk gelombang dengan fase P dan S pada satu stasiun digunakan persamaan residual sebagai berikut:

$$\Delta t_i = (t_{obs}^s - t_{ref}^s) - (t_{obs}^p - t_{ref}^p) \quad (2.14)$$

Bobot untuk residual tersebut akan bertambah jika model kecepatan P dan S mempunyai korelasi yang lebih baik.

Langkah 4. Perhitungan derivatif pertama dari matriks sepanjang *rays computed* dalam iterasi sebelumnya. Bentuk notasi matriksnya adalah sebagai berikut:

$$[A] \cdot [x] = [b] \quad (2.15)$$

$$\begin{bmatrix} \frac{dT_1}{dx} & \frac{dT_1}{dy} & \frac{dT_1}{dz} & \frac{dT_1}{dt} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{dT_M}{dx} & \frac{dT_M}{dy} & \frac{dT_M}{dz} & \frac{dT_M}{dt} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dx \\ dy \\ dz \\ dt \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \dots \\ r_M \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

Matriks [A] adalah matriks kernel yang berisi derivatif pertama dari residual waktu tempuh setiap stasiun terhadap parameter hiposenter

Langkah 5. Inversi matriks yang simultan untuk data P dan S menggunakan matriks pada Langkah 4. Karena Matriks [A] pada Pers. (2.16) bukanlah matriks bujursangkar, maka Matriks [A] dikalikan dengan transposenya.

$$[A^T A] \cdot [x] = [A^T b] \quad (2.17)$$

Selanjutnya dilakukan minimisasi norm sebagai berikut:

$$[x = (A^T A)^{-1} (A^T b)] \quad (2.18)$$

Matriks $[A^T A]$ mendekati singular sehingga digunakan *gradient damping* dalam perkiraan solusi *least square linier*(LSQR). *Gradient damping* tersebut membiaskan solusi hasil inversi ke dalam suatu model yang *smooth*. Langkah 1 sampai dengan Langkah 5 hingga diulang hingga diperoleh nilai RMS terkecil.

2. *Bending Algoritm untuk Ray Tracing dalam Model Kecepatan 3D*

Algoritma untuk *ray tracing* dalam LOTOS menggunakan prinsip Fermat. Dalam algoritma ini hanya mendefinisikan nilai kecepatan yang unik dan positif pada titik manapun dari daerah penelitian. Pada LOTOS versi terbaru banyak variasi pilihan dari definisi kecepatan.

3. Iterasi Inversi Tomografi

a. Lokasi sumber dalam model kecepatan 3D

Relokasi sumber dalam model 3D dilakukan dengan Ray tracing setelah model kecepatan 1D dan lokasi sumber telah diketahui.

b. Parameterisasi titik gempa

Parameterisasi dilakukan dengan *nodes* dan algoritma. *Nodes* berada dalam tiap garis vertikal yang dipasang sesuai dengan distribusi sinar. Jarak antara *nodes* diusahakan sekecil mungkin di dalam area dengan densitas sinar yang tinggi.

c. Perhitungan matriks dan inversi Vp-Vs

Derivatif pertama dari matriks dihitung menggunakan *ray paths computed* setelah lokasi sumber telah dalam model 3D.

d. Siklus iterasi

Siklus iterasi dimulai dari langkah menentukan lokasi sumber, perhitungan matriks, dan inversi. Iterasi dapat dilakukan berulang agar didapatkan hasil yang terbaik.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat

Dalam penelitian ini alat yang digunakan berupa *software-software*. *Software* tersebut digunakan untuk mengolah data penelitian, *software* SeisGram2K60 untuk melakukan *picking* data guna mendapatkan waktu tiba dari gelombang P (t_p) dan gelombang S (t_s), *software* HypoDD untuk menentukan lokasi hiposenter, dan *software* LOTOS-12 untuk melakukan inversi tomografi.

3.2 Data penelitian

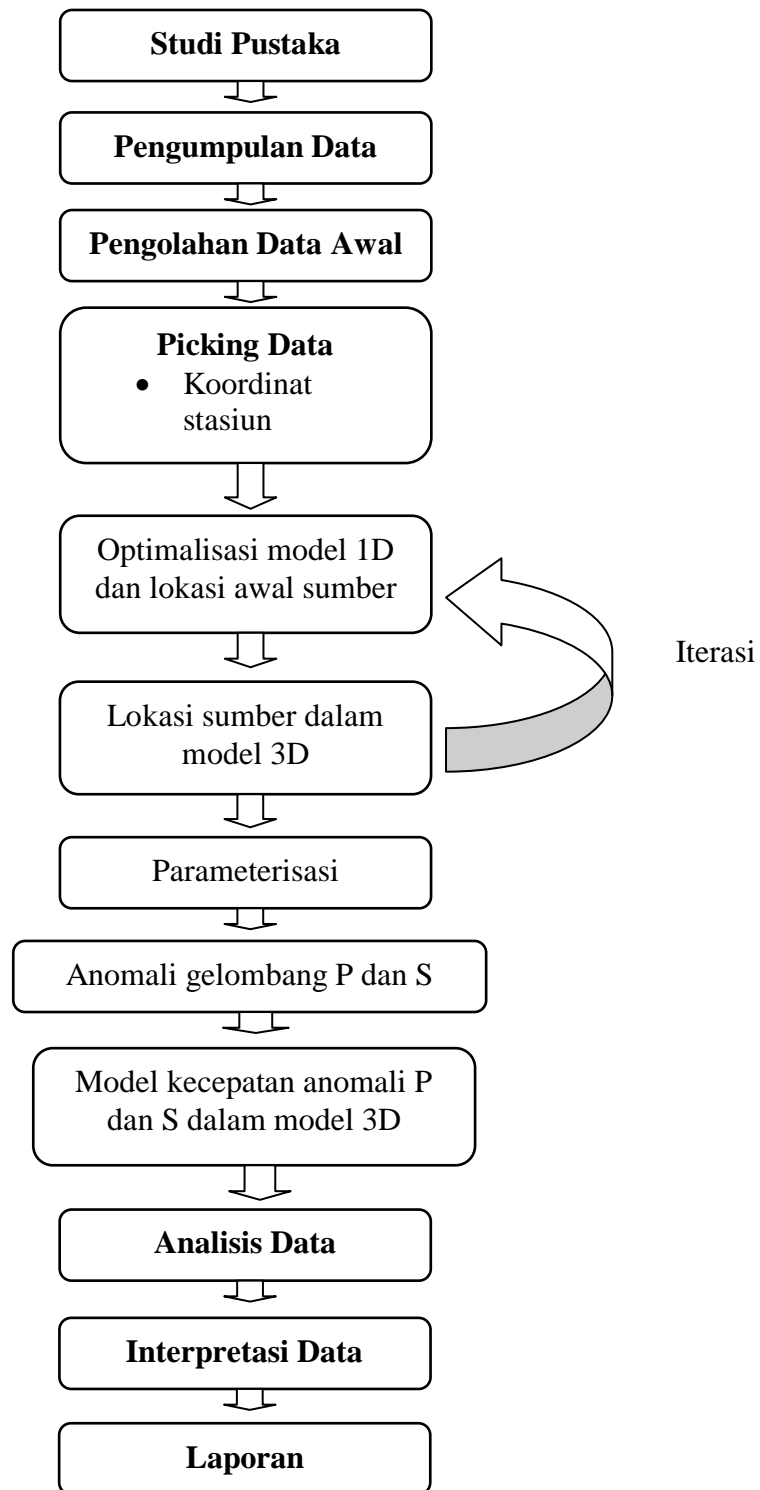
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang *didownload* dari <http://www.webdc.eu/webdc3/> Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data seismik yang telah terekam di lebih kurang 44 stasiun pencatat gempa yang berada di Pulau Jawa, dalam rentang waktu tiga tahun yaitu mulai tanggal 1 Januari 2010 sampai dengan 1 Januari 2013. Tercatat 61 *event* yang terekam oleh stasiun pencatat gempa yang berada di Pulau Jawa.

3.3 Pemilihan data

Tidak semua gempa yang diperoleh dari <http://www.webdc.eu/webdc3/> dalam rentang waktu antara 1 Januari 2010 sampai dengan 1 Januari 2013 digunakan dalam penelitian ini. Data yang digunakan minimal memiliki *magnitude* sebarang 4,7 SR, hal ini dikarenakan bahwa gempa dengan *magnitude* di bawah 4,7 SR gelombang P dan S nya masih belum bisa terdeteksi, sehingga akan mengurangi tingkat keakuratan hasil penelitian.

Data gempa yang diperoleh masih berupa gelombang seismik yang harus *dipicking* dengan menggunakan *software* SeisGram2K60 untuk mendapatkan waktu tiba gelombang P dan S.

3.3 Rancangan Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

Berdasarkan diagram alur penelitian tersebut, maka prosedur penelitian adalah sebagai berikut.

3.4.1 Studi Pustaka

Tahapan studi pustaka dilakukan dengan studi literature untuk mengetahui teori pendukung dalam penelitian yang akan dilakukan, serta penelitian penelitian yang pernah dilakukan peneliti lain di lokasi yang sama.

3.4.2 Picking Data

Picking data dilakukan dengan menggunakan *software* SeisGram2K60. *Picking* dilakukan untuk mendapatkan waktu tiba gelombang P (tp) dan gelombang S (ts). Selain itu juga digunakan kalkulator *travel time* untuk mendapatkan data waktu tiba gelombang S yang lebih akurat. Data yang diperoleh berupa data 3 komponen yaitu BHZ, BHN, dan BHE. *Picking* gelombang P pada komponen vertikal (BHZ), dan gelombang S pada komponen horizontal *northing* (BHN) atau *easting* (BHE).

3.4.3 Optimalisasi model 1D dan lokasi awal sumber

Optimalisasi model 1D dilakukan untuk menentukan hiposenter yang dilakukan dengan bantuan *software* HypoDD. *software* ini didukung dengan sistem operasi Linux Ubuntu. Beberapa file yang diperlukan dalam pengoperasian HypoDD antara lain adalah *file* ph2dt.inp yang merupakan parameter kontrol, *file* station.dat, *file* Ph2dt.log, *file* dt.ct, *file* dt.cc, *file* event.dat, *file* event.sel, *file* hypoDD.inp.

3.4.4 Persiapan File Data Input

Beberapa *file* data akan dijadikan input pada *software* LOTOS-12, yaitu *file* inidata yang di dalamnya berisi identitas *filerays* dan *stat_ft*. Pada *filerays* berisi hiposenter *event* beserta waktu tempuh dari setiap stasiun. Seluruh identitas tersebut termuat dalam satu *file*. Sedangkan pada *filestat_ft* berisi identitas stasiun berupa latitude, longitude, dan kedalamannya.

3.4.5 Penentuan Parameter Inversi Tomografi

Tahapan penentuan parameter berupa model kecepatan, parameter lokasi, dan inversi dilakukan oleh peneliti. Tahapan ini diperlukan dalam proses pengolahan data.

3.4.6 Penentuan Iterasi dan *Output Display*

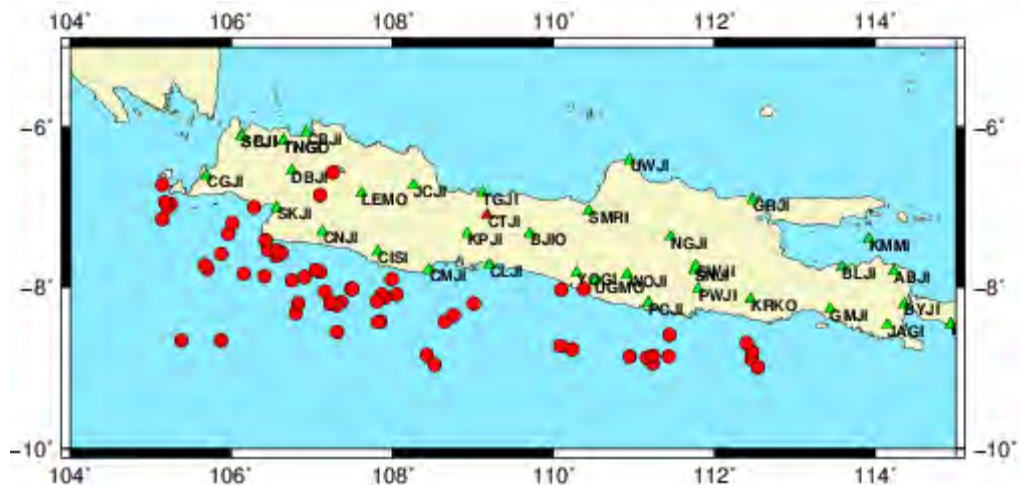
Pada tahapan ini dilakukan penentuan jumlah iterasi, dan *output display* berupa *setver.dat*, *sethor.dat*, *config.dat* dan *all_areas.dat*.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Perekaman dan Pra *Processing* Data

Penelitian ini menggunakan data gempa selama periode 3 tahun yang diambil dari <http://www.webdc.eu/webdc3/> di pulau jawa yang terletak di -9°LU - -6°LU dan 105°BT - 115°BT dan terjadi antara tanggal 1 Januari 2010 sampai dengan 1 Januari 2013.terdapat 61 *event* yang mempunyai *magnitude* diatas 4.7SR yang terekam di 44 stasiun. Sebaran gempa dan stasiun yang tersebar di Pulau Jawa dapat dilihat Gambar 4.1. Lingkaran warna merah menunjukkan posisi gempa dan segitiga warna hijau menunjukkan posisi stasiun perekam gempa. Sumbu X adalah batas *longitude* dalam satuan derajat dan sumbu Y adalah batas *latitude* dalam satuan derajat

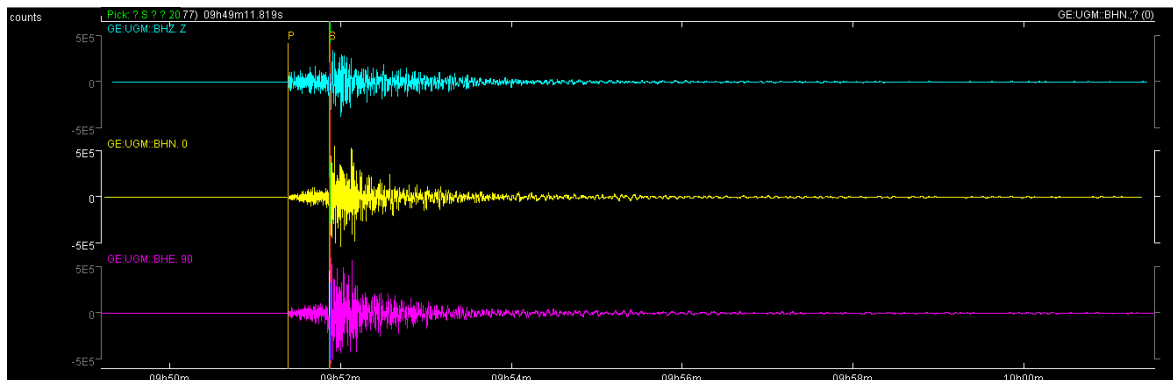


Gambar 4.1 Peta Persebaran Gempa dan Stasiun

Data gempa yang diperoleh dari katalog gempa WebDC dalam format *fseed.openssl, sedangkan data yang diperlukan harus dalam format *SAC. Untuk itu perlu diencrypt terlebih dahulu dengan menggunakan *software* Win64openssl1.0.1. Selanjutnya Perangkat lunak JrdseedVer0.10.1 digunakan untuk mengubah format data gempa dalam format *fseed menjadi banyak *file* *SAC.

Program JrdseedVer0.10.1 dibuka pada terminal dan menuliskan perintah `java -jar JrdseedVer0.10.1.jar`, maka akan muncul pilihan untuk menuliskan nama *file* yang akan diekstrak, kemudian dengan melakukan *enter* sampai keluar pilihan *option* untuk perintah ekstrak, yaitu dengan mengetikkan “d” kemudian *enter*, hingga data terekstrak semuanya. Hasil dari proses ekstrak data menghasilkan nama-nama data baru yang cukup panjang meliputi *event* gempa, misalnya “2011.079.01.18.36.1900.IA.CMJI..BHZ.D” yang merupakan identitas tahun, *Julian-day* (hari ke- dalam setahun), jam, menit, detik, stasiun jaringan, nama stasiun jaringan dan komponen kanal. Data *SAC ini kemudian dibaca dengan menggunakan perangkat lunak Seisgram2KV6.0.0x02.

Proses picking dilakukan dengan menggunakan *software* SeisGram2K60. Picking dilakukan secara manual terhadap 1774 gelombang seismik yang terpilih. Proses picking gelombang seismik ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Picking data menggunakan SeisGram2K60

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat terdapat 3 komponen gelombang yang ditampilkan yaitu BHZ yang merupakan komponen vertikal, BHN (*northing*), dan BHE (*easting*) yang merupakan komponen horizontal. Dalam penentuan waktu tiba gelombang-P menggunakan pengaturan bahwa gelombang-P ditentukan oleh komponen BHZ yang ditandai dengan bagian gelombang gempa yang datang paling awal sedangkan untuk penentuan waktu tiba gelombang-S menggunakan aturan bahwa gelombang-S ditentukan oleh komponen BHN dan BHE, dimana gelombang-S adalah gelombang yang datang

paling awal diantara kedua tampilan gelombang pada kedua komponen tersebut. Gelombang-S selalu datang setelah gelombang-P. Pada umumnya, gelombang P lebih mudah dikenali daripada gelombang S, untuk itu digunakan bantuan dari program TAUP untuk membantu penentuan awal waktu tiba gelombang-S. Nilai waktu tempuh gelombang-P (t_p) dan gelombang-S (t_s) merupakan parameter awal yang digunakan untuk input data pada proses relokasi hiposenter dan inversi tomografi.

4.2 Relokasi Hiposenter

Relokasi hiposenter dilakukan dengan bantuan *software* HypoDD. HypoDD merupakan *software* yang beroperasi di sistem operasi berbasis Linux. Namun pada penelitian ini, HypoDD dioperasikan di sistem operasi Windows dengan menggunakan bantuan *software* cygwin. Cygwin atau biasa disebut Linux *portable* merupakan sekumpulan *tools* Linux yang bisa dipakai di Windows, sehingga *software* berbasis Linux bisa dioperasikan di sistem operasi berbasis windows melalui terminal cygwin.

Langkah awal yang perlu dilakukan dalam penelitian kali ini adalah dengan meng-*compile* program HypoDD. Proses *compile* program HypoDD dilakukan melalui terminal cygwin dengan menggunakan beberapa perintah Linux hingga program HypoDD siap dioperasikan. Tahap awal dalam mengoperasikan program HypoDD adalah dengan memasukkan data *travel time* ke dalam folder “ph2dt”. *Input* data yang diperlukan pada tahapan ini adalah “phase.dat” dan “station.dat”. “Phase.dat” ini berisi data kejadian gempa yang meliputi waktu terjadinya gempa (tahun, bulan, tanggal, jam, menit, detik), *latitude*, *longitude*, kedalaman, dan *magnitude* gempa. Selanjutnya input “station.dat” yang berisi data stasiun perekam gempa yang meliputi nama stasiun, *latitude*, dan *longitude* nya. *Output* yang diperoleh berupa “dt.ct” yang berisi data waktu tempuh absolut dari pasangan gempa bumi, dan “event.dat” yang berisi lokasi awal hiposenter.

Langkah selanjutnya yaitu memasukkan *Output* dari langkah awal data ke dalam folder “hypoDD” dengan memasukkan “station.dat”. selanjutnya *running* dilakukan melalui terminal cygwin, *Output* yang diperoleh antara lain “hypoDD.loc”, “hypoDD.reloc”, “hypoDD.sta”, “hypoDD.res”, dan “hypoDD.src”. “HypoDD.loc” yang berisi hiposenter awal. “HypoDD.reloc”

merupakan hasil relokasi hiposenter. “HypoDD.sta” yaitu residual stasiun, “hypoDD.res” yaitu residual data, dan “hypoDD.src” yang merupakan sudut *take off*.

Hasil output yang akan digunakan untuk proses inversi tomografi adalah hasil relokasi hiposenter yang terdapat pada *file* “hypoDD.reloc”. Relokasi yang dihasilkan meliputi data *latitude*, *longitude* dan kedalaman yang mengalami perubahan dari data awal seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Hasil Relokasi Hiposenter

No	Origin	Lat ⁰		Long ⁰		Depth	
		katalog	HypoDD	katalog	HypoDD	katalog	HypoDD
1	2012-12-30T07:56:53	-7.15	-7.23	105.14	104.79	49.0	23.86
2	2012-12-26T16:12:43	-8.02	-8.00	107.49	107.48	61.0	68.84
3	2012-12-14T16:16:25	-7.77	-7.79	105.70	105.66	49.0	39.99
4	2012-11-10T06:05:27	-7.61	-7.63	106.56	106.51	52.0	43.96
5	2012-09-18T16:35:04	-7.58	-7.60	105.87	105.77	50.0	38.77
6	2012-08-03T23:34:14	-7.90	-7.90	107.99	108.00	79.0	80.24
7	2012-07-13T17:57:07	-8.20	-8.21	109.01	109.48	75.0	71.11
8	2012-06-27T04:55:29	-7.81	-7.81	107.10	107.01	60.0	61.39
9	2012-06-26T05:05:25	-8.89	-8.89	112.46	112.46	76.0	76.33
10	2012-06-24T15:40:11	-7.33	-7.39	105.96	105.73	60.0	31.95
11	2012-06-14T14:54:12	-8.77	-8.76	110.23	110.22	10.0	11.51
12	2012-05-20T12:37:42	-8.42	-8.36	107.85	108.23	42.0	71.02
13	2012-04-30T16:56:41	-8.66	-8.61	105.38	105.47	10.0	15.93
14	2012-04-23T19:57:15	-8.66	-8.60	105.87	106.21	10.0	16.94
15	2012-04-14T19:31:48	-6.96	-7.04	105.25	104.62	65.0	28.94
16	2012-04-14T19:26:42	-7.00	-7.11	105.21	104.81	63.0	23.66
17	2012-04-12T15:01:20	-7.78	-7.77	107.05	107.00	65.0	69.22
18	2012-04-10T09:18:53	-8.43	-8.37	107.82	108.31	47.0	74.03
19	2012-02-29T13:28:15	-7.53	-7.57	106.45	106.29	58.0	38.20
20	2012-02-15T21:59:30	-7.83	-7.86	106.15	105.90	64.0	47.66
21	2012-02-15T20:38:15	-8.02	-8.00	107.50	107.49	45.0	54.91
22	2012-02-03T04:01:50	-8.86	-8.86	111.43	111.48	64.0	65.58
23	2012-02-01T12:16:39	-8.18	-8.13	107.36	107.32	51.0	72.35
24	2011-12-11T06:34:18	-8.22	-8.16	107.31	107.40	20.0	29.78
25	2011-10-31T04:48:45	-8.32	-8.34	106.80	107.85	41.0	33.05
26	2011-08-29T08:56:57	-8.21	-8.19	107.23	107.32	9.0	11.19
27	2011-08-21T16:54:21	-7.57	-7.67	106.62	106.46	63.0	24.70

Lanjutan

No	Origin	Lat ⁰		Long ⁰		Depth	
		Katalog	HypoDD	Katalog	HypoDD	katalog	HypoDD
28	2011-08-18T21:42:46	-7.54	-7.59	106.56	106.57	53.0	29.65
29	2011-07-24T08:23:37	-7.41	-7.47	106.42	106.26	62.0	35.59
30	2011-07-17T10:59:08	-7.00	-7.14	106.28	105.78	84.0	25.40
31	2011-07-09T13:27:02	-8.84	-8.75	108.43	108.88	51.0	91.92
32	2011-07-01T14:33:25	-8.42	-8.41	108.65	108.97	90.0	94.42
33	2011-06-21T22:43:11	-6.57	-6.57	107.26	107.26	180.0	179.95
34	2011-05-28T20:28:56	-8.96	-8.90	108.52	108.96	51.0	77.63
35	2011-04-05T04:34:45	-7.20	-7.26	106.01	105.67	61.0	32.36
36	2011-03-20T01:20:16	-7.91	-7.90	106.75	106.64	46.0	48.18
37	2011-03-19T01:16:14	-8.94	-8.93	111.23	111.23	72.0	75.18
38	2011-02-26T06:29:35	-6.85	-6.85	107.10	107.10	181.0	181.08
39	2011-01-12T12:44:48	-6.94	-7.03	105.18	104.67	52.0	25.16
40	2010-12-21T03:59:39	-8.87	-8.87	111.16	111.14	67.0	67.17
41	2010-11-29T10:27:20	-8.20	-8.17	106.83	106.96	48.0	64.51
42	2010-11-09T12:39:00	-8.05	-8.02	107.16	107.13	64.0	78.71
43	2010-11-09T07:03:30	-8.73	-8.74	110.09	110.05	67.0	64.32
44	2010-11-04T16:55:53	-8.35	-8.31	108.76	109.07	60.0	77.13
45	2010-10-14T19:48:25	-7.86	-7.86	106.41	106.38	57.0	58.75
46	2010-09-12T16:38:54	-8.02	-8.02	110.38	110.40	5.0	5.06
47	2010-08-21T11:41:40	-8.03	-8.04	110.10	110.04	10.0	8.48
48	2010-08-16T22:19:19	-8.80	-8.80	112.47	112.47	85.0	85.10
49	2010-08-14T01:32:32	-7.72	-7.76	105.67	105.55	5.0	1.08
50	2010-08-11T19:10:23	-7.87	-7.86	106.91	106.75	69.0	73.05
51	2010-06-26T09:50:45	-8.09	-8.09	108.05	108.19	92.0	90.54
52	2010-06-18T14:42:54	-8.85	-8.85	111.23	111.22	55.0	56.39
53	2010-05-19T00:13:22	-6.72	-6.80	105.14	104.62	10.0	0.51
54	2010-05-18T11:59:59	-8.18	-8.16	107.23	107.18	59.0	67.21
55	2010-04-27T19:13:47	-8.12	-8.09	107.91	108.05	68.0	82.16
56	2010-03-28T08:35:27	-8.59	-8.60	111.44	111.51	85.0	81.52
57	2010-02-14T13:41:05	-8.99	-8.99	112.54	112.54	110.0	109.62
58	2010-01-29T03:15:56	-8.55	-8.48	107.31	107.79	10.0	18.38
59	2010-01-27T20:39:14	-8.86	-8.87	110.95	110.94	60.0	57.05
60	2010-01-24T02:46:48	-8.09	-7.95	107.87	108.64	5.0	23.12
61	2010-01-10T00:25:04	-8.17	-8.26	107.81	107.79	10.0	0.78

Sedangkan nilai RMS ditunjukkan pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.3 Nilai RMS

No	Origin	RMS
1	2012-12-30T07:56:53	9.46
2	2012-12-26T16:12:43	7.03
3	2012-12-14T16:16:25	7.03
4	2012-11-10T06:05:27	9.13
5	2012-09-18T16:35:04	8.98
6	2012-08-03T23:34:14	6.33
7	2012-07-13T17:57:07	3.10
8	2012-06-27T04:55:29	8.24
9	2012-06-26T05:05:25	2.52
10	2012-06-24T15:40:11	9.60
11	2012-06-14T14:54:12	8.88
12	2012-05-20T12:37:42	7.25
13	2012-04-30T16:56:41	2.41
14	2012-04-23T19:57:15	2.41
15	2012-04-14T19:31:48	2.04
16	2012-04-14T19:26:42	10.64
17	2012-04-12T15:01:20	8.24
18	2012-04-10T09:18:53	9.05
19	2012-02-29T13:28:15	9.39
20	2012-02-15T21:59:30	8.39
21	2012-02-15T20:38:15	7.34
22	2012-02-03T04:01:50	4.57
23	2012-02-01T12:16:39	7.85
24	2011-12-11T06:34:18	7.55
25	2011-10-31T04:48:45	8.75
26	2011-08-29T08:56:57	3.02
27	2011-08-21T16:54:21	6.72
28	2011-08-18T21:42:46	9.90
29	2011-07-24T08:23:37	8.16
30	2011-07-17T10:59:08	7.87
31	2011-07-09T13:27:02	6.67
32	2011-07-01T14:33:25	6.59
33	2011-06-21T22:43:11	5.19
34	2011-05-28T20:28:56	6.59
35	2011-04-05T04:34:45	10.49

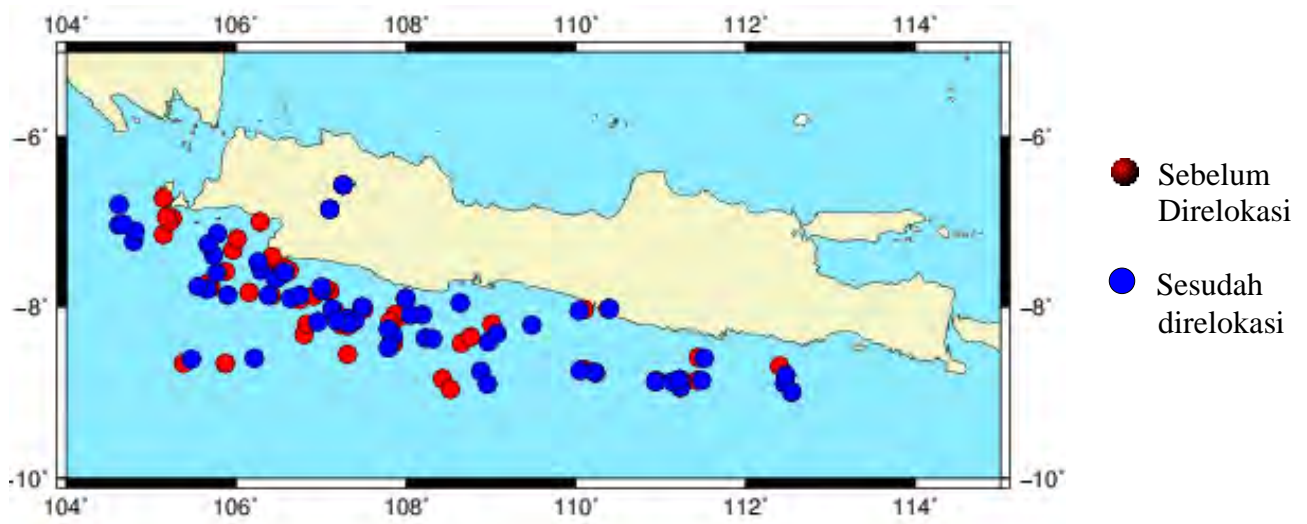
Lanjutan

No	Origin	RMS
36	2011-03-20T01:20:16	8.06
37	2011-03-19T01:16:14	3.61
38	2011-02-26T06:29:35	5.19
39	2011-01-12T12:44:48	9.82
40	2010-12-21T03:59:39	3.32
41	2010-11-29T10:27:20	7.99
42	2010-11-09T12:39:00	8.84
43	2010-11-09T07:03:30	8.41
44	2010-11-04T16:55:53	7.20
45	2010-10-14T19:48:25	8.64
46	2010-09-12T16:38:54	7.55
47	2010-08-21T11:41:40	7.27
48	2010-08-16T22:19:19	6.47
49	2010-08-14T01:32:32	7.61
50	2010-08-11T19:10:23	7.55
51	2010-06-26T09:50:45	7.27
52	2010-06-18T14:42:54	3.79
53	2010-05-19T00:13:22	6.47
54	2010-05-18T11:59:59	7.86
55	2010-04-27T19:13:47	8.11
56	2010-03-28T08:35:27	5.80
57	2010-02-14T13:41:05	3.25
58	2010-01-29T03:15:56	7.03
59	2010-01-27T20:39:14	8.43
60	2010-01-24T02:46:48	9.45
61	2010-01-10T00:25:04	6.05

Berdasarkan Tabel 4.1 terlihat terdapat 34 gempa dangkal dengan kedalaman maksimal 60 km, dan 27 gempa menengah dengan kedalaman antara 60 km sampai 300 km, Selain itu dapat dilihat nilai RMS pada Tabel 4.2. Model yang telah didapat pada penelitian ini memiliki rentang rms mulai 2.41 sampai 10.56.

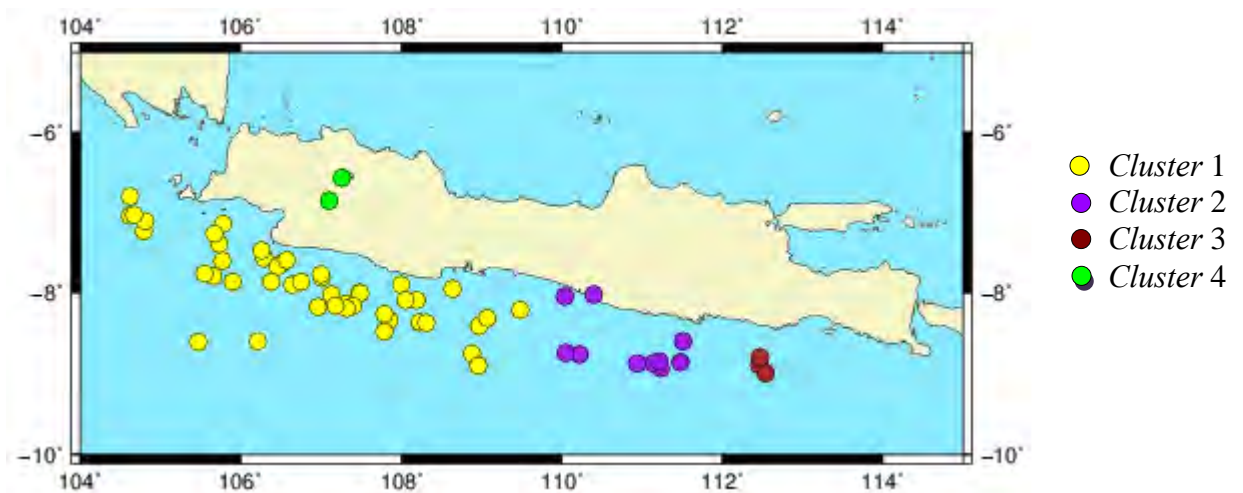
Data-data hasil dari relokasi hiposenter ini kemudian dikorelasikan kembali dengan data yang didapat dari katalog agar dapat dilakukan analisis yang nantinya akan dicapai kesimpulan posisi gempa yang lebih akurat sebagai pedoman untuk penentuan hiposenter gempa berikutnya.

Hasil relokasi hiposenter ditunjukkan dalam peta relokasi dengan menggunakan perangkat lunak *General Mapping Tool* (GMT) sebagai berikut:



Gambar 4.3. Posisi gempa sebelum dan sesudah direlokasi

Dari Gambar 4.3 terlihat bahwa lingkaran berwarna merah merupakan posisi gempa sebelum direlokasi dan lingkaran warna biru merupakan posisi gempa setelah direlokasi. Sumbu X dari gambar adalah batas *longitude* dalam satuan derajat dan sumbu Y adalah batas *latitude* dalam satuan jarak. Sebagian besar gempa terakumulasi pada bagian selatan Pulau Jawa karena pada bagian tersebut terjadi tumbukan lempeng Indo-Australia dan lempeng pasifik. Gambar 4.3 menunjukkan bahwa sebagian besar gempa terjadi dekat dengan zona subduksi. Gempa-gempa yang terjadi pada daerah dekat dengan zona subduksi akan memiliki kedalaman yang dangkal, sedangkan semakin jauh dari zona subduksi maka kedalamannya akan bertambah.



Gambar 4.4. Posisi Pembagian Cluster Sesudah Direlokasi

Selain merelokasi hiposenter, metode *Double Difference* juga mengelompokkan gempa-gempa yang terjadi ke dalam *cluster-cluster*. Pengelompokkan *cluster* tersebut didasarkan pada letak dari hiposenter yang saling berdekatan satu sama lain seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4. Gambar 4.4 menunjukkan bahwa hiposenter hasil relokasi dengan menggunakan metode *Double Difference* dibagi menjadi 4 *cluster*, dengan rincian sebagai berikut: *cluster* 1 terdiri dari 46 *event*, *cluster* 2 terdiri dari 10 *event*, *cluster* 3 terdiri dari 3 *event*, dan *cluster* 4 terdiri dari 2 *event*.

4.3 Hasil Inversi Tomografi

Data input yang perlu disiapkan untuk inversi tomografi antara lain *inidata* yang di dalamnya berisi identitas *file rays* dan *stat_ft*. Pada *file rays* berisi hiposenter *event* beserta waktu tempuh dari setiap stasiun. Seluruh identitas tersebut termuat dalam satu *file* agar dapat diolah secara simultan oleh *software* LOTOS-12. Sedangkan pada *file stat_ft* berisi identitas stasiun berupa *latitude*, *longitude*, dan kedalamannya.

Tahapan selanjutnya adalah penentuan parameter berupa model kecepatan, parameter lokasi, dan inversi dilakukan oleh peneliti. Pada tahapan yang terakhir yakni menentukan banyaknya iterasi dan output display. Pemilihan jumlah iterasi

didasarkan pada nilai RMS yang dihasilkan pada iterasi-iterasi sebelumnya. Jika nilai RMS sudah sesuai yang diharapkan, maka iterasi dapat dihentikan. *Output display* berupa *setver.dat*, *sethor.dat*, dan *config.dat*.

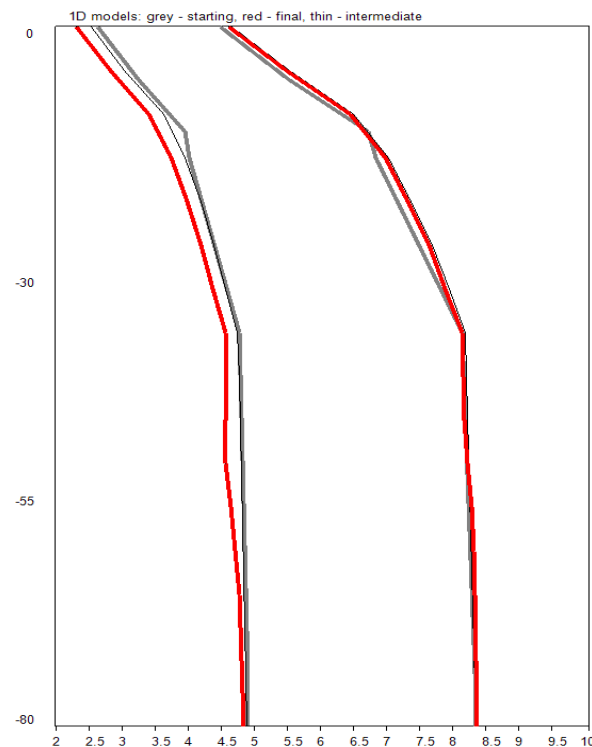
4.3.1 Analisis Distribusi Kecepatan 3D

Tiga tahapan yang harus dilakukan dalam Algoritma LOTOS. Tahapan yang pertama yaitu optimisasi yang simultan untuk model kecepatan 1D terbaik dan lokasi awal hiposenter. Model kecepatan 1D yang digunakan merupakan interpolasi model kecepatan permukaan dari studi Wagner, dkk. Untuk kedalaman hingga 20 km. sedangkan untuk kedalaman yang lebih dari 20 km menggunakan interpolasi model AK135. Tabel model kecepatan bumi dapat dilihat di tabel berikut:

Tabel 4.3. Model referensi kecepatan gelombang P dan gelombang S (interpolasi Wagner dkk. Dan AK135)

Ked .(km)	Vp (km/s)	Vs (km/s)
5	5	2.94
10	6	3.52
15	6.75	3.97
25	7.11	4.18
35	7.24	4.25
45	7.37	4.33
60	7.6	4.47
100	7.95	4.67
160	8.17	4.80
210	8.3	4.88
360	8.8	5.17
460	9.52	5.60
510	9.69	5.70
610	10	5.88

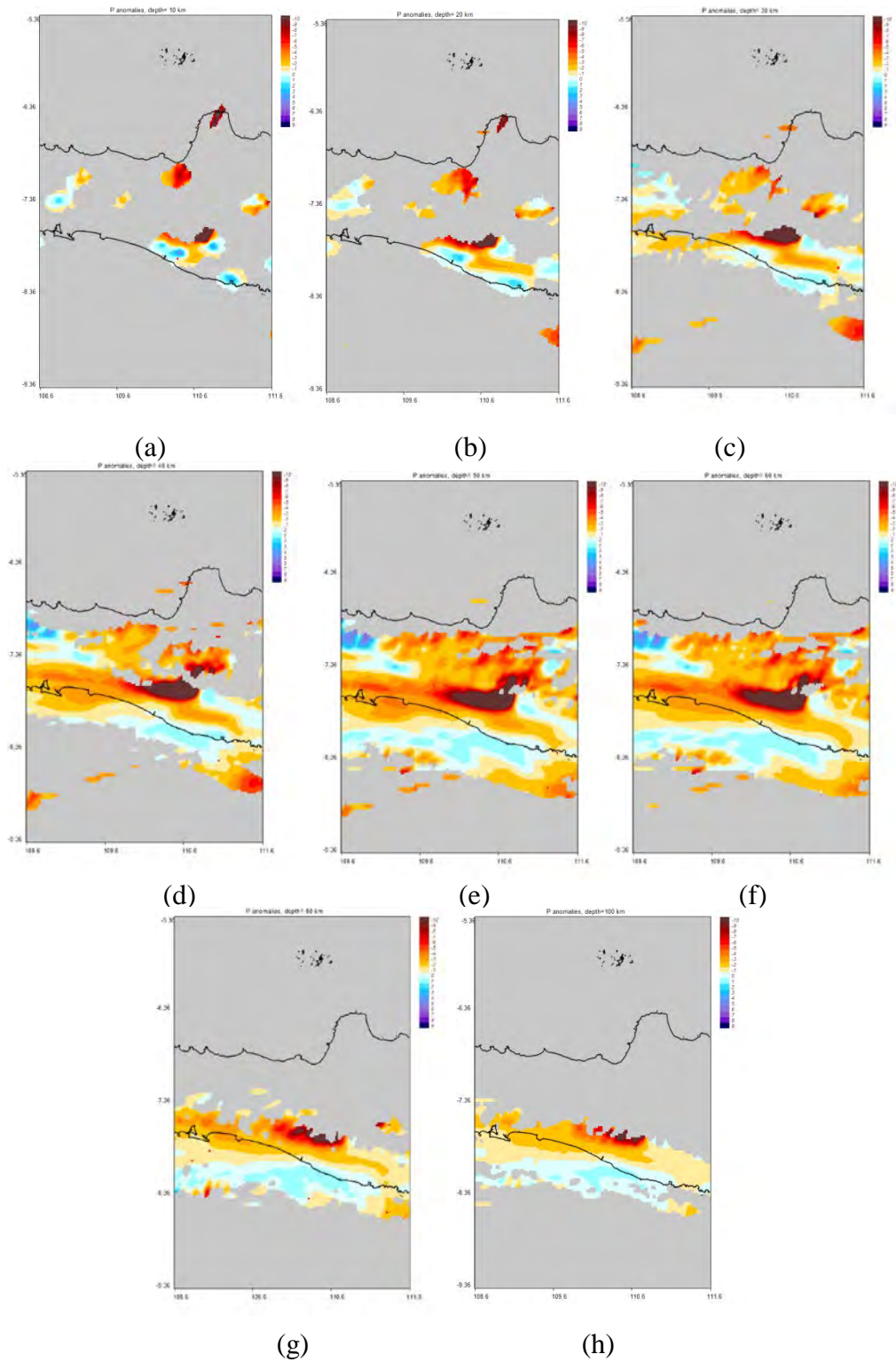
Model 1D optimum sebagai hasil dari pengolahan menggunakan *software* LOTOS dapat dilihat pada gambar 4.5 Garis berwarna abu-abu merupakan model kecepatan awal yang digunakan sebagai informasi awal, garis yang tipis merupakan hasil setelah dilakukan iterasi 1 sampai 3, sedangkan garis berwarna merah merupakan hasil akhir setelah iterasi ke-4.



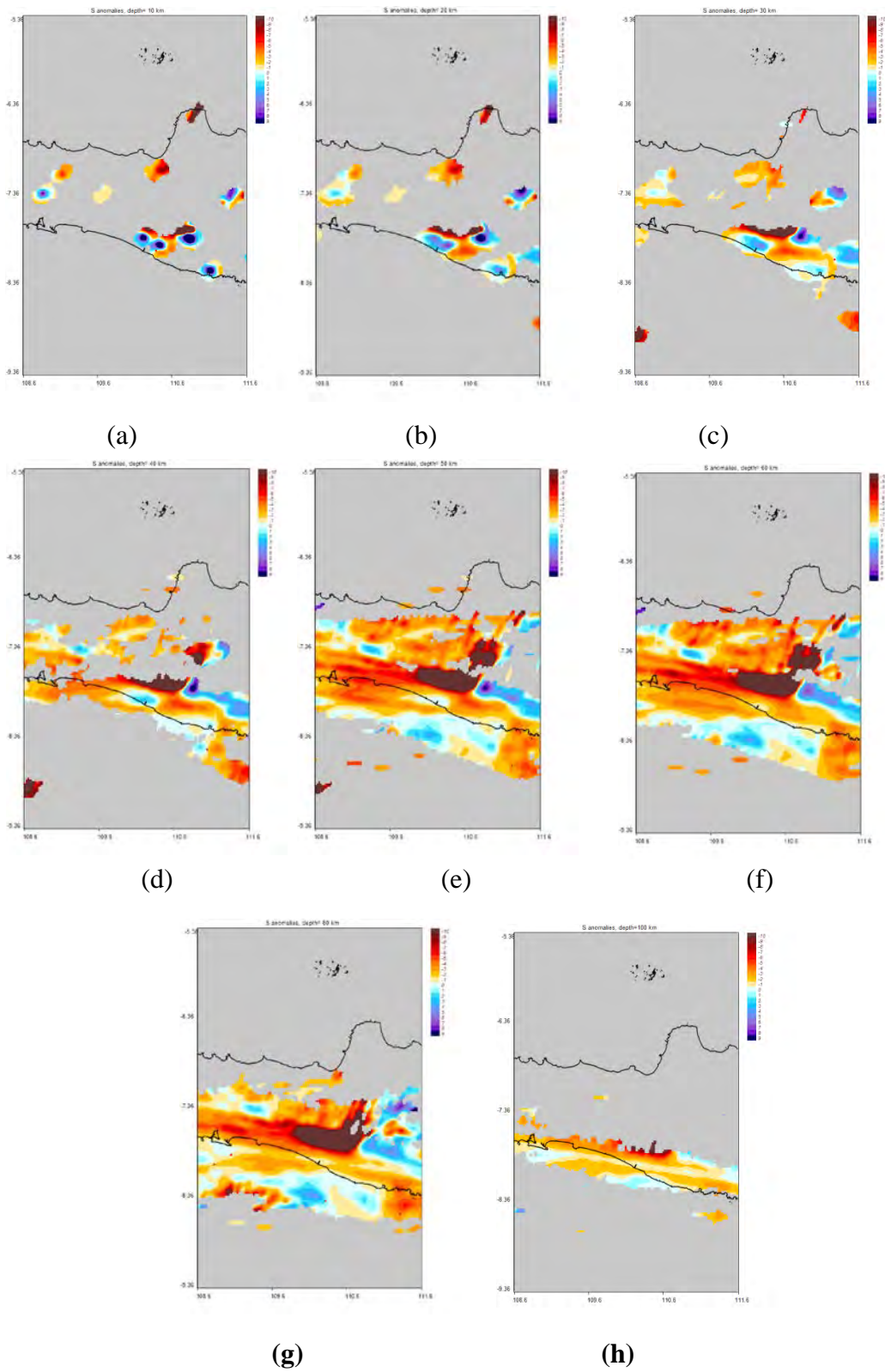
Gambar 4.5. Model Kecepatan Bumi 1D

Tahapan selanjutnya yaitu menentukan lokasi dalam sumber 3D atau biasa disebut *bending tracing* (Um dan Thurber, 1987) dengan algoritma *ray tracing* berdasarkan prinsip Fermat. Tahapan yang ketiga menggunakan metode parameterisasi dengan nodes yang juga telah dilakukan oleh Koulakov (2006). Jarak antara *nodes* diusahakan sekecil mungkin di dalam area dengan densitas sinar yang tinggi. Selanjutnya dilakukan inversi untuk matriks secara keseluruhan dengan menggunakan iterasi LSQR (Paige, Saunders, 1982).

Pencitraan anomali ditampilkan dalam besaran persentase deviasi V_p dan V_p berdasarkan waktu tempuh gelombang. Satuan dari besaran persentase deviasi tersebut adalah km/s. Harga anomali deviasi terhadap distribusi V_p dan V_s berkisar antara -10 sampai +10. Pada bidang horizontal ditampilkan sayatan pada 6 kedalaman dengan pertimbangan bahwa sebagian besar gempa terjadi pada kedalaman-kedalaman ini, di antaranya pada kedalaman 10 km, 20 km, 30 km, 40 km, 60 km, dan 100 km. seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10.

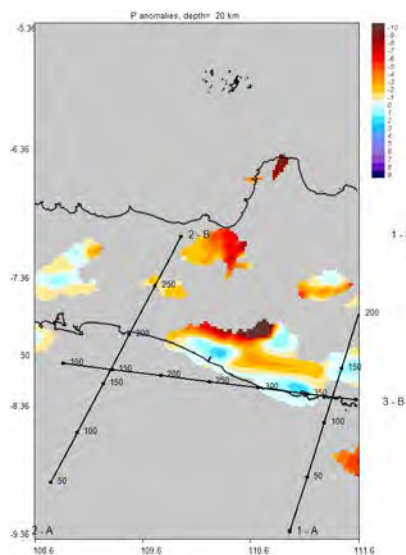


Gambar 4.6 Distribusi anomali V_p pada sayatan horizontal tomogram pada kedalaman (a) 10 km, (b) 20 km, (c) 30 km, (d) 40 km, (e) 50 km, (f) 60 km, (e) 80 km, (f) 100 km



Gambar 4.7 Distribusi anomali Vs pada sayatan horizontal tomogram pada kedalaman (a) 10 km, (b) 20 km, (c) 30 km, (d) 40 km, (e) 50 km, (f) 60 km (g) 80 km, (h) 100 km.

Distribusi V_p dan V_s sebagai hasil inversi pada sayatan horizontal terlihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7. Anomali negatif maksimum dengan nilai -10 berwarna merah tua dan anomali positif maksimum dengan nilai +9 berwarna biru tua. Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 menunjukkan bahwa V_p dan V_s beranomali negatif terlihat dengan jelas pada kedalaman 40 km, 50 km, 60 km dan 80 km sedangkan pada kedalaman 10 km, 20 km, 30 km dan 100 km kurang teresolusi dengan baik. Hal ini juga diperkuat dengan banyaknya gempa yang terjadi antara kedalaman 40 km sampai dengan 60 km. Anomali negatif tersebut menyebar di sepanjang Pulau Jawa bagian selatan. dengan posisi *longitude* antara 108.6 sampai 111.6 dan *latitude* antara -5.36 sampai -9.36. Sesuai dengan keadaan yang sebenarnya bahwa pada daerah tersebut merupakan daerah pegunungan, salah satu gunung api yang masih aktif adalah Gunung Merapi.

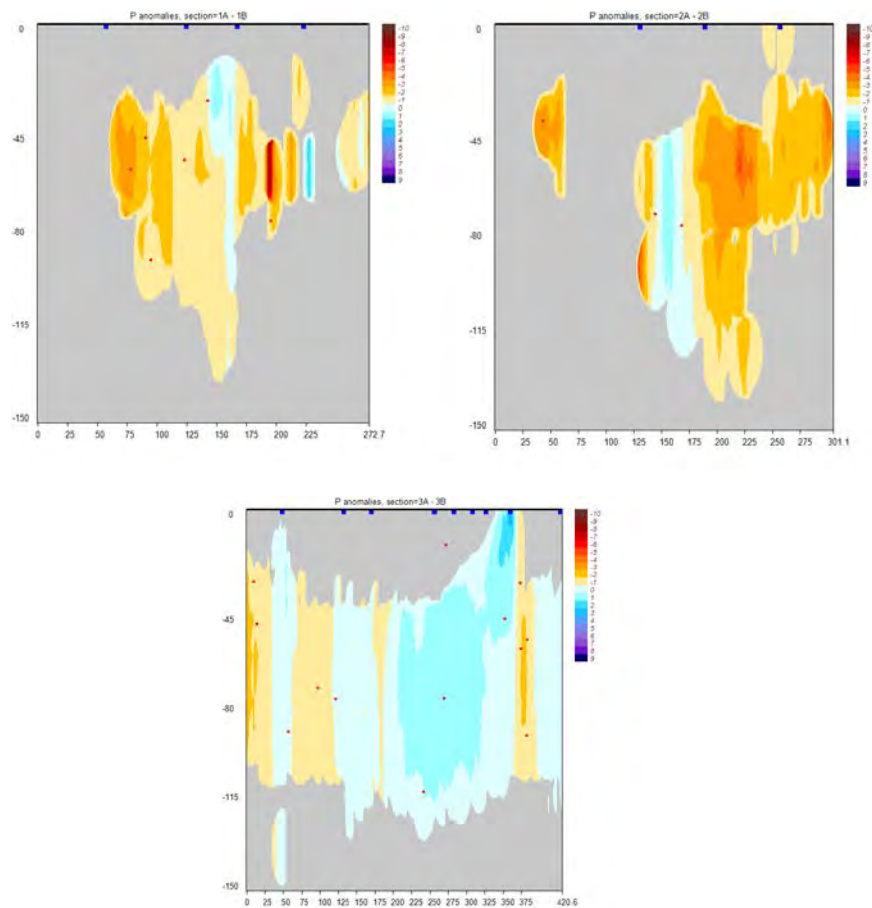


Gambar 4.8 Garis *cross section* untuk menampilkan distribusi V_p dan V_s dan rasio V_p/V_s pada sayatan vertikal

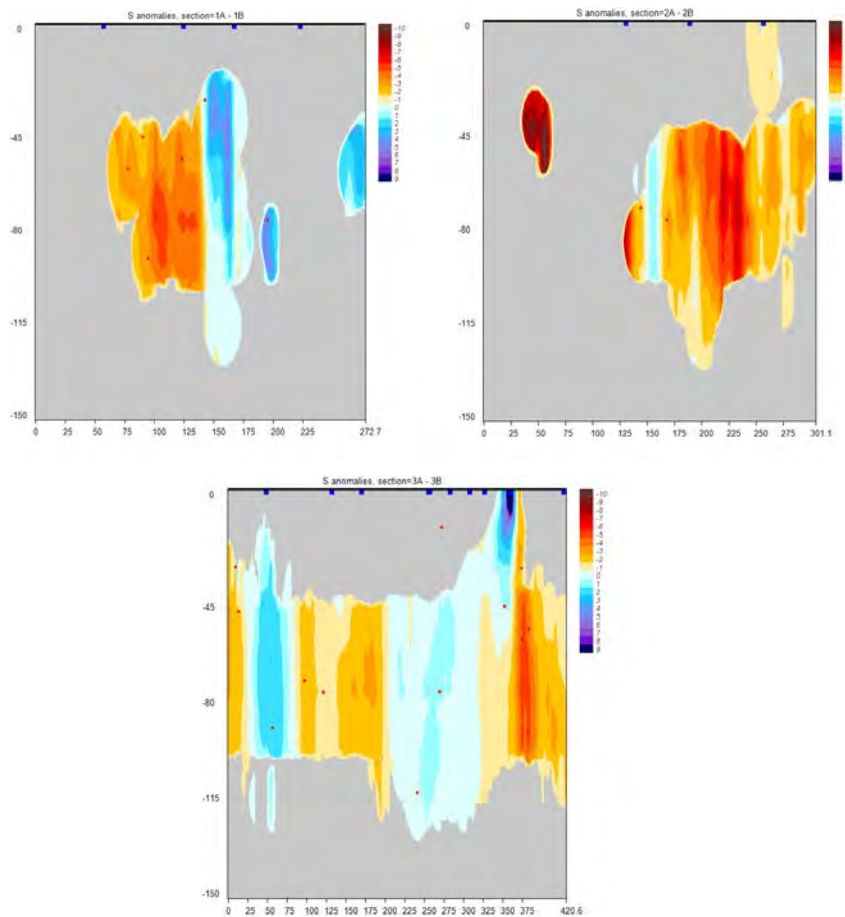
Gambar 4.8 terlihat 3 garis *cross section*, antara lain pada *longitude* 111.00000000 dan *latitude* -9.30192563 sampai pada *longitude* 111.87306780 dan *latitude* -7.006502746 (1A-1B), sayatan yang kedua yaitu pada *longitude* 108.5469497472 dan *latitude* -9.30192563 sampai dengan *longitude* 110.00000 dan *latitude* -7.006502746 (2A-2B), dan sayatan yang ketiga yaitu terletak pada

longitude 108.0000222222 dan *latitude* -7.9000055555 sampai dengan *longitude* 111.8000222222 dan *latitude* -8.3000055555 (3A-3B). Garis *cross section* ini dapat digunakan sebagai acuan analisis distribusi anomali Vp dan Vs secara lebih detail.

Pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10 merupakan distribusi dari hasil inversi Vp dan Vs pada sayatan vertikal yang diperoleh dari hasil *cross section*.



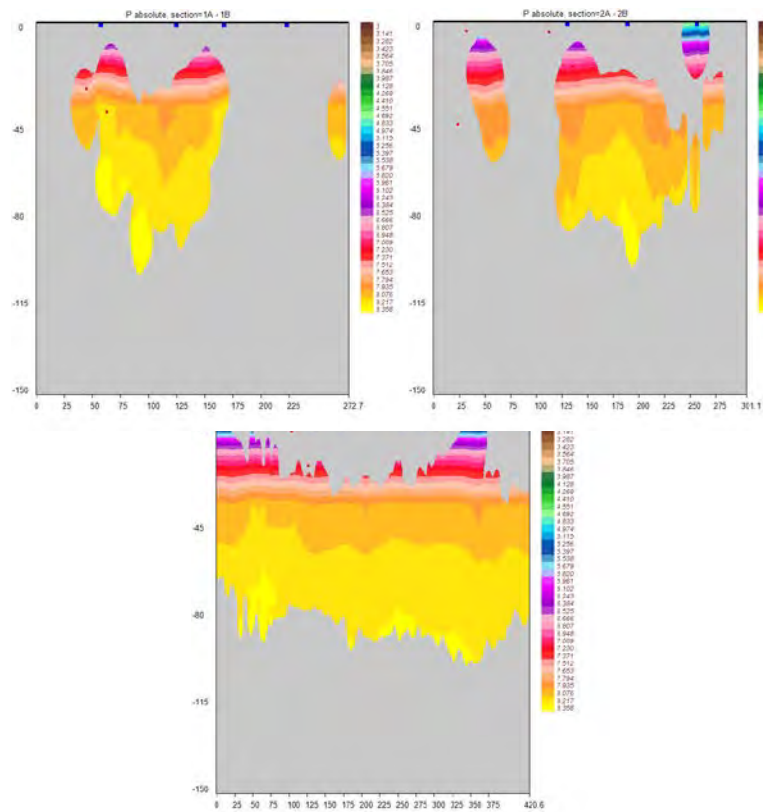
Gambar 4.9 Anomali Vp pada sayatan vertikal



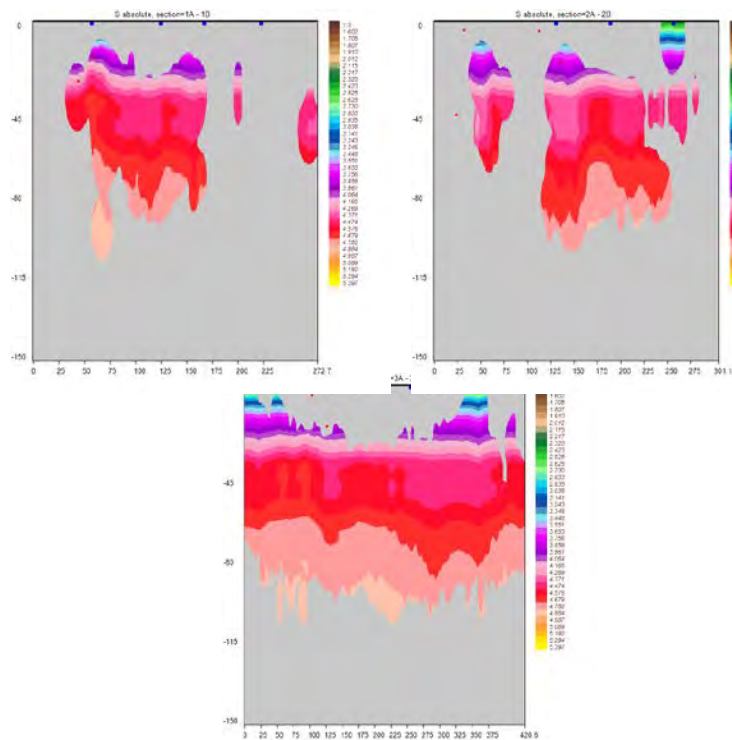
Gambar 4.10 Anomali Vs pada sayatan vertikal

Pada gambar 4.9 terlihat jelas bahwa terdapat anomali negatif gelombang P maksimum hanya terdapat pada sayatan 1A-1B pada jarak 175 km sampai 200 km di kedalaman 45 km sampai 80 km. Selanjutnya pada Gambar 4.13 anomali negatif gelombang S maksimum hanya terdapat pada sayatan 2A-2B pada jarak 25 km sampai 50 km di kedalaman 25 km sampai 65 km.

Gambar 4.10 dan Gambar 4.11 merupakan anomali kecepatan absolut gelombang P dan gelombang S pada sayatan vertikal. Pada gambar tersebut terlihat bahwa maksimum kedalaman yang teresolusi dengan baik yaitu sampai kedalaman 150 km karena sebagian besar gempa merupakan gempa yang terjadi antara pada kedalaman 20 sampai dengan 150 km. Terdapat beberapa lapisan di Pulau Jawa yaitu kerak atas di kedalaman sekitar 0 km sampai 25 km, kerak bawah pada kedalaman sekitar 25 km sampai 45 km dan mantel atas pada kedalaman lebih dari 45 km.



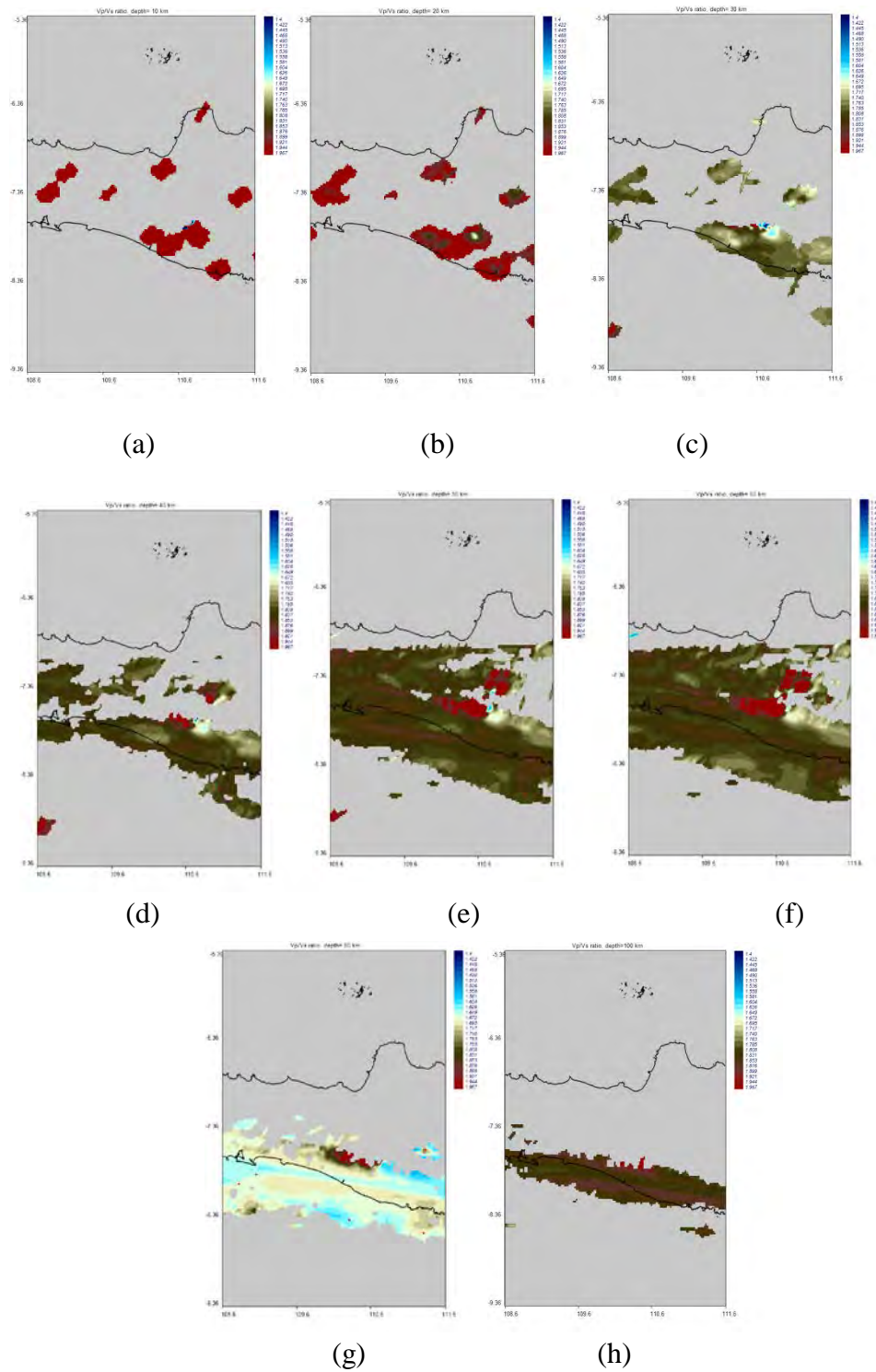
Gambar 4.11 Anomali kecepatan absolut gelombang P pada sayatan vertikal



Gambar 4.12 Anomali kecepatan absolut gelombang S pada sayatan vertikal

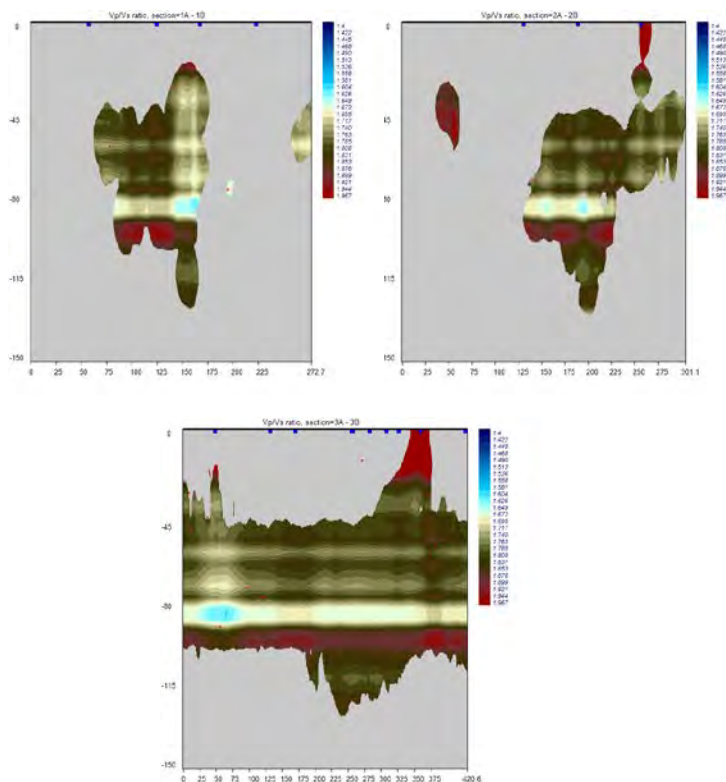
Pada bagian kerak atas diperoleh kecepatan absolut gelombang P meningkat mulai 6,243 km/s sampai 8,076 km/s, pada bagian kerak bawah diperkirakan kecepatan gelombang P meningkat mulai 8,076 km/s sampai 8,217 km/s dan pada bagian mantel atas diperkirakan kecepatan gelombang P homogen sekitar 8,217 km/s. Sedangkan untuk kecepatan absolut gelombang S pada bagian kerak atas diperoleh kecepatan gelombang S yang meningkat mulai 3,243 km/s sampai 4,576 km/s dan pada bagian kerak bawah kecepatan gelombang S sekitar 4,269 km/s sampai 4,576 km/s dan pada bagian mantel atas diperkirakan kecepatan gelombang S sekitar 4,884 km/s.

4.3.2 Analisis Struktur Vp/Vs



Gambar 4.13 Distribusi rasio Vp/Vs pada sayatan horizontal tomogram pada kedalaman (a) 10 km, (b) 20 km, (c) 30 km, (d) 40 km, (e) 50 km, (f) 60 km, (g) 80 km, (h) 100 km

Gambar 4.13 merupakan rasio V_p/V_s sebagai hasil inversi pada sayatan horizontal. Rasio V_p/V_s maksimum dengan nilai 1.888 berwarna merah tua dan rasio V_p/V_s minimum dengan nilai 1.6 berwarna biru tua mewakili. Sedangkan rasio V_p/V_s yang rendah menunjukkan adanya batuan kering yang terisi oleh gas. Hal ini menyebabkan perubahan porositas yang dapat menimbulkan keretakan dan memicu terjadinya gempa bumi. Sedangkan rasio V_p/V_s yang tinggi menunjukkan adanya retakan yang berisi fluida dan tingkat saturasi air yang tinggi pula (Moos and Zoback, 1983).



Gambar 4.14 Distribusi rasio V_p/V_s pada sayatan vertikal

Berdasarkan Gambar 4.14 rasio V_p/V_s dapat jelas terlihat pada kedalaman 40 km, 50 km, dan 60 km, sedangkan kurang teresolusi pada kedalaman 10 km, 20 km, 30 km, dan 80 km, dan 100 km. Hal ini juga dikarenakan sebagian besar gempa terjadi pada kedalaman antara 40 km sampai 60 km. Pada kedalaman 10 km, 20 km, dan 30 km dapat teresolusi dengan jelas dengan nilai rasio V_p/V_s

maksimumnya sebesar 1,831 di bagian selatan Pulau Jawa dan nilai rasio V_p/V_s minimum sebesar 1,6 terdapat pada kedalaman 60 km menyebar di hampir seluruh wilayah Pulau Jawa. Berdasarkan pencitraan di bidang horizontal, diperkirakan terdapat zona subduksi antara lempeng Indo-Australasia dan lempeng Eurasia pada lautan di selatan Pulau Jawa. Sedangkan pada daratan bagian selatan Pulau Jawa terdapat rangkaian gunung api aktif, salah satunya adalah Gunung Merapi.

Pada sayatan bidang vertikal, rasio V_p/V_s terlihat jelas pada sayatan 3A-3B. pada kedalaman sekitar 0 km hingga 20 km memiliki rasio V_p/V_s tinggi, sedangkan rasio V_p/V_s yang rendah berada pada mayoritas kedalaman 20 km hingga 115 km. Nilai rasio yang rendah mengindikasikan daerah tersebut rawan mengalami gempa, dibuktikan dengan letaknya yang berdekatan dengan rangkaian pegunungan aktif dan zona subduksi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis yang telah dibahas pada bab sebelumnya, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat 61 *event* gempa yang terjadi di Pulau Jawa dengan *magnitude* di atas 4,7 SR dan sebanyak 1774 gelombang yang dianalisis, dengan rincian 887 gelombang P dan 887 gelombang S.
2. Kecepatan gelombang P (V_p) dan kecepatan gelombang S (V_s) pada beberapa bagian dalam Bumi adalah sebagai berikut:
 - Pada kerak bagian atas, V_p sekitar 6,243 km/s sampai 8,076 km/s dan V_s sekitar 3,243 km/s sampai 4,576 km/s,
 - Pada kerak bagian bawah, V_p sekitar 8,076 km/s sampai 8,217 km/s dan V_s sekitar 4,269 km/s sampai 4,576 km/s, dan
 - Pada mantel bagian atas, V_p sekitar 8,217 km/s dan V_s sekitar 4,884 km/s.
3. Pada kedalaman sekitar 0 km hingga 20 km memiliki rasio V_p/V_s tinggi, sedangkan rasio V_p/V_s yang rendah berada pada mayoritas kedalaman 20 km hingga 115 km.
4. Anomali negatif terdapat pada daerah yang diindikasikan terdapat tumbukan 2 lempeng tektonik, yaitu lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia.

5.2 Saran

Adapun saran dari penulis yaitu perlunya penambahan perubahan model kecepatan bumi agar dapat meminimalisasi kesalahan pada tahap inversi tomografi.

Daftar Pustaka

- Geiger, L. 1910. *Herbsetimmung bei Erdbeben aus den Ankunftszeiten*, K. Gessell.Wiss. Goett. 4, 331-349.
- Gylfi P.H., Axel Bjornsson. 1991. *Geophysical Exploration for Geothermal Resources Principles and Application*. UNU Geothermal Training Programme Reykjavik. Iceland
- Iyer, H.M. dan Hirahara, K.. 1993. *Seismic Tomography: Theory and Practice*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kayal, J. 2002. *Seismic Waves and Earthquake Location*. Geological Survey of India.
- Kulakov, I. et al.(2007) P- and S-velocity structure of the crust and upper mantle beneath Central Java from local tomography inversion. *J. Geophys. Res.*, 112 B08310, doi:10.1029/2006JB004712.
- Koulakov I.. 2009. LOTOS Code for Local Earthquake Tomographic Inversion. Benchmarks for testing tomographic algorithms. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 99, No. 1, pp. 194-214.
- Koulakov I, dan S.V. Sobolev. 2006. A Tomographic Image of Indian Lithosphere Break-off beneath the Pamir Hindukush Region, *Geophys.Journ.Int.*, 164, p.425-440.
- Lo, Tien-when dan Inderwiesen, Philip L.. 1994. *Fundamentals of Seismic Tomography*. Society of Exploration Geophysicists.
- Madrinovella, I. Widianoro, S. Meilano, I. 2011. *Relokasi Hiposenter Gempa Padang 30 September 2009 Menggunakan Metode Double-Difference*. JTM **XVIII** (1):3-10.
- Menke, William. 1984. *Geophysical Data Analysis: Discrete Inverse Theory*. Orlando: Academic Press Inc.
- Moos, D., dan Zoback. M. 1983. In Situ Studies of Velocity in Fractured Crystalline Rock. Journal of Geophysical Research. No. 88.
- Munadi, S. 1992. *Mengenal Tomografi Seismik*. LPL, No. 3/1992, p.239-248. Lemigas, Indonesia.
- Paige, C.C., dan M.A. Saunders. 1982. LSQR: An Algorithm for Sparse Linear Equations and Sparse Least Squares, *ACM Trans. Math. Soft.*, 8, 43-71.
- Rohadi, S., Widiyantoro, S., Nugraha, A.D., Masturyono. 2012. *Relokasi Hiposenter Gempa Di Jawa Tengah Menggunakan Inversi Tomografi Double-Difference Simultan Dan Dari Katalog MERAMEX*. JTM **XVIII** (2):95-105.
- Rohadi, S., Widiyantoro, S., Nugraha, A.D., Masturyono. 2012. *Pencitraan Struktur 3d Kecepatan Gelombang Seismik Menggunakan Metode Tomografi Double-Difference Dan Data Gempa Di Jawa Tengah*. JTM **XIX** (2):82-94.
- Sunardi, B., Rohadi, S., Masturyono., Widiyantoro, S., Sulastri. 2012 *Relokasi Hiposenter Gempa Bumi Wilayah Jawa Menggunakan Teknik Double Difference*. Jurnal Meteorologi dan Geofisika Vol.13 No 3 th 2012 (179-188)
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., and Keys, D. A., 1978. *Applied Geophysics*. Cambridge: Cambridge Univ. Press
- Waldhauser, Felix and William L. Ellsworth. 2000. *A Double Difference Earthquake Location Algorithm: Method and Application to the Northern Hayward Fault*. California. Bulletin of the Seismological Society of America, 90, 6, pp. 1353-1368
- Yadnya, P.K. Nugraha, A.D., Rohadi, S. 2012. *Pencitraan Struktur 3-D V_p, V_s , Rasio V_p/V_s Menggunakan Tomografi Double-Difference Di Wilayah Bali*. J.Geofisika. **XIII** (1):32-41..

LAMPIRAN

1. DATA GEMPA DARI WEBDC

No	Origin	Mag	Lat (°)	Long (°)	Depth	Region
1	2012-12-30T07:56:53	4.7	-7.15	105.14	49.0	Java, Indonesia
2	2012-12-26T16:12:43	4.7	-8.02	107.49	61.0	Java, Indonesia
3	2012-12-14T16:16:25	4.8	-7.77	105.70	49.0	Java, Indonesia
4	2012-11-10T06:05:27	5.0	-7.61	106.56	52.0	Java, Indonesia
5	2012-09-18T16:35:04	4.7	-7.58	105.87	50.0	Java, Indonesia
6	2012-08-03T23:34:14	4.7	-7.90	107.99	79.0	Java, Indonesia
7	2012-07-13T17:57:07	5.1	-8.20	109.01	75.0	Java, Indonesia
8	2012-06-27T04:55:29	4.7	-7.81	107.10	60.0	Java, Indonesia
9	2012-06-26T05:05:25	4.8	-8.89	112.46	76.0	Java, Indonesia
10	2012-06-24T15:40:11	5.0	-7.33	105.96	60.0	Java, Indonesia
11	2012-06-14T14:54:12	4.8	-8.77	110.23	10.0	Java, Indonesia
12	2012-05-20T12:37:42	4.9	-8.42	107.85	42.0	Java, Indonesia
13	2012-04-30T16:56:41	5.0	-8.66	105.38	10.0	South of Java, Indonesia
14	2012-04-23T19:57:15	4.7	-8.66	105.87	10.0	South of Java, Indonesia
15	2012-04-22T13:04:14	4.8	-6.16	105.29	10.0	Sunda Strait, Indonesia
16	2012-04-14T19:31:48	5.3	-6.96	105.25	65.0	Sunda Strait, Indonesia
17	2012-04-14T19:26:42	5.8	-7.00	105.21	63.0	Java, Indonesia
18	2012-04-12T15:01:20	4.9	-7.78	107.05	65.0	Java, Indonesia
19	2012-04-10T09:18:53	4.8	-8.43	107.82	47.0	Java, Indonesia
20	2012-02-29T13:28:15	4.9	-7.53	106.45	58.0	Java, Indonesia
21	2012-02-15T21:59:30	4.8	-7.83	106.15	64.0	Java, Indonesia
22	2012-02-15T20:38:15	4.8	-8.02	107.50	45.0	Java, Indonesia
23	2012-02-03T04:01:50	4.7	-8.86	111.43	64.0	Java, Indonesia
24	2012-02-01T12:16:39	4.7	-8.18	107.36	51.0	Java, Indonesia
25	2011-12-11T06:34:18	4.8	-8.22	107.31	20.0	Java, Indonesia
26	2011-10-31T04:48:45	4.9	-8.32	106.80	41.0	South of Java, Indonesia
27	2011-08-29T08:56:57	4.9	-8.21	107.23	9.0	Java, Indonesia
28	2011-08-21T16:54:21	5.0	-7.57	106.62	63.0	Java, Indonesia
29	2011-08-18T21:42:46	4.9	-7.54	106.56	53.0	Java, Indonesia
30	2011-07-24T08:23:37	5.0	-7.41	106.42	62.0	Java, Indonesia
31	2011-07-17T10:59:08	5.0	-7.00	106.28	84.0	Java, Indonesia
32	2011-07-09T13:27:02	4.7	-8.84	108.43	51.0	Java, Indonesia
33	2011-07-01T14:33:25	4.9	-8.42	108.65	90.0	Java, Indonesia
34	2011-06-21T22:43:11	4.8	-6.57	107.26	180.0	Java, Indonesia
35	2011-05-28T20:28:56	4.9	-8.96	108.52	51.0	Java, Indonesia

36	2011-04-05T04:34:45	5.1	-7.20	106.01	61.0	Java, Indonesia
37	2011-03-20T01:20:16	5.0	-7.91	106.75	46.0	Java, Indonesia
38	2011-03-19T01:16:14	4.9	-8.94	111.23	72.0	Java, Indonesia
39	2011-02-26T06:29:35	4.8	-6.85	107.10	181.0	Java, Indonesia
40	2011-01-12T12:44:48	5.0	-6.94	105.18	52.0	Sunda Strait, Indonesia
41	2010-12-21T03:59:39	5.6	-8.87	111.16	67.0	Java, Indonesia
42	2010-11-29T10:27:20	5.1	-8.20	106.83	48.0	South of Java, Indonesia
43	2010-11-09T12:39:00	5.3	-8.05	107.16	64.0	Java, Indonesia
44	2010-11-09T07:03:30	5.3	-8.73	110.09	67.0	Java, Indonesia
45	2010-11-04T16:55:53	4.7	-8.35	108.76	60.0	Java, Indonesia
46	2010-10-14T19:48:25	4.8	-7.86	106.41	57.0	Java, Indonesia
47	2010-09-12T16:38:54	5.0	-8.02	110.38	5.0	Java, Indonesia
48	2010-08-21T11:41:40	4.8	-8.03	110.10	10.0	Java, Indonesia
49	2010-08-16T22:19:19	4.8	-8.80	112.47	85.0	Java, Indonesia
50	2010-08-14T01:32:32	5.1	-7.72	105.67	5.0	Java, Indonesia
51	2010-08-11T19:10:23	5.7	-7.87	106.91	69.0	Java, Indonesia
52	2010-06-26T09:50:45	6.0	-8.09	108.05	92.0	Java, Indonesia
53	2010-06-18T14:42:54	4.9	-8.85	111.23	55.0	Java, Indonesia
54	2010-05-19T00:13:22	5.2	-6.72	105.14	10.0	Sunda Strait, Indonesia
55	2010-05-18T11:59:59	5.7	-8.18	107.23	59.0	Java, Indonesia
56	2010-04-27T19:13:47	4.7	-8.12	107.91	68.0	Java, Indonesia
57	2010-03-28T08:35:27	4.7	-8.59	111.44	85.0	Java, Indonesia
58	2010-02-14T13:41:05	4.8	-8.99	112.54	110.0	Java, Indonesia
59	2010-01-29T03:15:56	4.9	-8.55	107.31	10.0	Java, Indonesia
60	2010-01-27T20:39:14	4.8	-8.86	110.95	60.0	Java, Indonesia
61	2010-01-24T02:46:48	4.8	-8.09	107.87	5.0	Java, Indonesia

2. DATA STASIUN

No	Stasiun	Latitude	Longitude
1	ABJI	-7.80	114.23
2	BJI	-7.33	109.71
3	BLJI	-7.75	113.59
4	BYJI	-8.21	114.36
5	CBJI	-6.70	106.93
6	CGJI	-6.61	105.69
7	CISI	-7.56	107.82
8	CLJI	-7.72	109.20
9	CMJI	-7.78	108.45
10	CNJI	-7.31	107.13
11	CTJI	-7.10	109.18
12	DBJI	-6.55	106.75
13	GMJI	-8.27	113.44
14	GRJI	-6.91	112.48
15	JAGI	-8.47	114.15
16	JCJI	-6.73	108.26
17	KMMI	-7.40	113.92
18	KPJI	-7.33	108.93
19	KRK	-8.15	112.45
20	LEM	-6.83	107.62
21	NBBI	-8.46	114.94
22	NGJI	-7.37	111.46
23	OH01	-8.49	109.45
24	OH10	-8.97	110.36
25	OH13	-8.77	111.03
26	OH14	-8.63	110.38
27	PCJI	-8.19	111.18
28	PWJI	-8.02	111.80
29	RTBI	-8.46	114.94
30	SBJI	-6.11	106.13
31	SCJI	-6.11	106.13
32	SKJI	-7.01	106.56
33	SMRI	-7.05	110.44
34	SNJI	-7.78	111.76
35	SWJI	-7.73	111.77
36	TBJI	-8.82	111.85
37	TGJI	-6.82	109.12
38	TNG	-6.17	106.65
39	TNGI	-6.17	106.65
40	UGM	-7.91	110.52

41	UWJI	-6.42	110.95
42	WOJI	-7.84	110.92
43	YOGI	-7.82	110.29
44	YOGI	-7.82	110.30

3. DATA PICKING SEISGRAM

Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
1	ABJI	7:56:53.00	7:59:01.744	8:00:46.541
	CBJI	7:56:53.00	7:57:20.887	7:57:43.704
	CGJI	7:56:53.00	7:57:04.261	7:57:13.300
	CISI	7:56:53.00	7:57:32.998	7:58:05.786
	CMJI	7:56:53.00	7:57:42.218	7:58:19.352
	GMJI	7:56:53.00	7:58:51.551	8:00:21.174
	JAGI	7:56:53.00	7:58:59.602	8:00:38.819
	KRK	7:56:53.00	7:58:36.699	8:00:00.385
	LEM	7:56:53.00	7:57:33.209	7:58:00.751
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
2	CGJI	16:12:43.00	16:13:15.010	16:13:45.021
	CISI	16:12:43.00	16:12:55.242	16:13:05.440
	CMJI	16:12:43.00	16:13:00.765	16:13:14.420
	DBJI	16:12:43.00	16:13:09.622	16:13:30.449
	GMJI	16:12:43.00	16:14:07.928	16:15:14.525
	GRJI	16:12:43.00	16:13:56.559	16:14:55.393
	JAGI	16:12:43.00	16:14:17.280	16:15:32.419
	JCJI	16:12:43.00	16:13:07.894	16:13:26.394
	KMMI	16:12:43.00	16:14:07.991	16:15:16.330
	KPJI	16:12:43.00	16:13:08.033	16:13:28.651
	KRK	16:12:43.00	16:13:54.383	16:14:50.614
	LEM	16:12:43.00	16:13:03.583	16:13:19.495
	NGJI	16:12:43.00	16:13:41.932	16:14:27.354
	PCJI	16:12:43.00	16:13:36.400	16:14:19.525
	PWJI	16:12:43.00	16:13:45.085	16:14:34.770
	RTBI	16:12:43.00	16:14:28.860	16:15:50.614
	SMRI	16:12:43.00	16:13:29.305	16:14:05.213
	SWJI	16:12:43.00	16:13:45.274	16:14:34.142
	TBJI	16:12:43.00	16:13:48.405	16:14:39.499
	UGM	16:12:43.00	16:13:28.219	16:14:03.983
	YOGI	16:12:43.00	16:13:25.969	16:13:59.385
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
3	ABJI	16:16:25	16:18:24.530	16:19:58.767
	BYJI	16:16:25	16:18:26.431	16:20:02.402
	CGJI	16:16:25	16:16:44.287	16:17:00.346
	CMJI	16:16:25	16:17:06.178	16:17:37.626
	GMJI	16:16:25	16:18:14.023	16:19:40.571
	GRJI	16:16:25	16:18:01.228	16:19:18.618
	JAGI	16:16:25	16:18:24.513	16:19:58.000
	JCJI	16:16:25	16:17:05.703	16:17:39.223

	KMMI	16:16:25	16:18:14.433	16:19:41.081
	KPJI	16:16:25	16:17:13.707	16:17:51.318
	KRK	16:16:25	16:18:00.045	16:19:16.495
	LEM	16:16:25	16:16:57.928	16:17:23.766
	NGJI	16:16:25	16:17:47.288	16:18:52.628
	PCJI	16:16:25	16:17:43.023	16:18:45.866
	PWJI	16:16:25	16:17:51.693	16:19:00.732
	RTBI	16:16:25	16:18:34.621	16:20:17.832
	SMRI	16:16:25	16:17:34.515	16:18:28.894
	SWJI	16:16:25	16:17:51.199	16:18:59.345
	TBJI	16:16:25	16:17:53.620	16:19:03.672
	WOJI	16:16:25	16:17:39.776	16:18:38.831
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
4	BLJI	6:05:27	6:07:06.030	6:08:25.004
	BYJI	6:05:27	6:07:18.844	6:08:44.346
	CBJI	6:05:27	6:05:44.349	6:05:57.765
	CGJI	6:05:27	6:05:49.750	6:06:07.487
	CISI	6:05:27	6:05:48.220	6:06:04.170
	CMJI	6:05:27	6:05:56.305	6:06:19.433
	GRJI	6:05:27	6:06:51.692	6:07:59.515
	JAGI	6:05:27	6:07:14.420	6:08:39.380
	JCJI	6:05:27	6:05:57.413	6:06:20.004
	KMMI	6:05:27	6:07:04.820	6:08:22.852
	KPJI	6:05:27	6:06:03.405	6:06:31.438
	KRK	6:05:27	6:06:51.688	6:07:57.377
	LEM	6:05:27	6:05:48.140	6:06:05.682
	NGJI	6:05:27	6:06:37.240	6:07:33.678
	PCJI	6:05:27	6:06:34.862	6:07:27.423
	PWJI	6:05:27	6:06:42.266	6:07:41.833
	RTBI	6:05:27	6:07:25.603	6:08:58.507
	SBJI	6:05:27	6:05:52.812	6:06:11.266
	SCJI	6:05:27	6:06:06.361	6:06:37.788
	SKJI	6:05:27	6:08:59.714	6:05:49.740
	SMRI	6:05:27	6:06:24.998	6:07:09.362
	SWJI	6:05:27	6:06:41.953	6:07:40.654
	TBJI	6:05:27	6:06:43.660	6:07:44.584
	UGM	6:05:27	6:06:24.649	6:07:10.786
	WOJI	6:05:27	6:06:30.995	6:07:18.841
	YOGI	6:05:27	6:06:21.131	6:07:04.584
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
5	BLJI	16:35:04	16:36:52.755	16:38:18.617
	BYJI	16:35:04	16:37:03.675	16:38:38.909

	CGJI	16:35:04	16:35:21.228	16:35:34.927
	CISI	16:35:04	16:35:34.102	16:35:58.521
	CMJI	16:35:04	16:35:43.617	16:36:13.553
	DBJI	16:35:04	16:35:26.362	16:35:43.895
	GMJI	16:35:04	16:36:51.740	16:38:15.103
	GRJI	16:35:04	16:36:38.571	16:37:52.882
	JAGI	16:35:04	16:37:00.812	16:38:33.530
	JCJI	16:35:04	16:35:42.743	16:36:12.233
	KMMI	16:35:04	16:36:51.617	16:38:15.955
	KPJI	16:35:04	16:35:49.405	16:36:25.704
	KRK	16:35:04	16:36:37.449	16:37:51.759
	LEM	16:35:04	16:35:33.619	16:35:57.038
	NGJI	16:35:04	16:36:23.633	16:37:27.926
	PCJI	16:35:04	16:36:20.779	16:37:20.194
	PWJI	16:35:04	16:36:28.939	16:37:35.491
	RTBI	16:35:04	16:37:11.520	16:38:52.282
	SKJI	16:35:04	16:35:20.266	16:35:32.097
	SMRI	16:35:04	16:36:10.266	16:37:02.945
	TBJI	16:35:04	16:36:29.371	16:37:37.526
	TNG	16:35:04	16:35:29.239	16:35:50.392
	UGM	16:35:04	16:36:11.617	16:37:04.046
	WOJI	16:35:04	16:36:16.203	16:37:13.096
	YOGI	16:35:04	16:36:08.554	16:36:58.842
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
6	GRJI	23:34:14	23:35:20.005	23:36:12.218
	JAGI	23:34:14	23:35:41.703	23:36:51.212
	JCJI	23:34:14	23:34:35.747	23:34:51.592
	KPJI	23:34:14	23:34:34.671	23:34:49.274
	KRK	23:34:14	23:35:18.453	23:36:09.419
	PWJI	23:34:14	23:35:09.350	23:35:53.644
	RTBI	23:34:14	23:35:52.016	23:37:10.775
	SMRI	23:34:14	23:34:53.287	23:35:24.823
	SWJI	23:34:14	23:35:09.343	23:35:53.020
	TBJI	23:34:14	23:35:12.171	23:35:58.665
	UGM	23:34:14	23:34:52.413	23:35:22.270
	YOGI	23:34:14	23:34:49.258	23:35:17.162
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
7	BJI	17:57:07	17:57:27.787	17:57:42.688
	BLJI	17:57:07	17:58:13.186	17:59:05.685
	CGJI	17:57:07	17:58:01.189	17:58:43.339
	CISI	17:57:07	17:57:30.325	17:57:47.466
	CMJI	17:57:07	17:57:22.844	17:57:33.933

	CTJI	17:57:07	17:57:28.255	17:57:44.232
	DBJI	17:57:07	17:57:49.223	17:58:22.972
	GMJI	17:57:07	17:58:11.383	17:59:01.014
	GRJI	17:57:07	17:58:01.646	17:58:44.319
	JAGI	17:57:07	17:58:20.451	17:59:18.788
	JCJI	17:57:07	17:57:34.037	17:57:55.011
	KPJI	17:57:07	17:57:24.415	17:57:37.361
	KRK	17:57:07	17:57:57.322	17:58:37.722
	LEM	17:57:07	17:57:37.270	17:58:02.333
	NGJI	17:57:07	17:57:47.255	17:58:17.356
	PCJI	17:57:07	17:57:40.730	17:58:06.145
	PWJI	17:57:07	17:57:49.849	17:58:22.650
	RTBI	17:57:07	17:58:32.061	17:59:37.396
	SKJI	17:57:07	17:57:48.360	17:58:20.383
	SMRI	17:57:07	17:57:36.915	17:57:59.022
	SWJI	17:57:07	17:57:49.751	17:58:22.230
	TBJI	17:57:07	17:57:54.071	17:58:30.839
	TNG	17:57:07	17:57:53.251	17:58:30.244
	UGM	17:57:07	17:57:32.258	17:57:52.075
	UWJI	17:57:07	17:57:47.383	17:58:18.492
	WOJI	17:57:07	17:57:37.797	17:58:01.429
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
8	ABJI	4:55:29	4:57:09.855	4:58:29.522
	BJI	4:55:29	4:56:09.783	4:56:40.307
	CGJI	4:55:29	4:55:58.607	4:56:21.445
	CISI	4:55:29	4:55:43.765	4:55:55.594
	CMJI	4:55:29	4:55:51.331	4:56:08.222
	DBJI	4:55:29	4:55:51.447	4:56:08.267
	GMJI	4:55:29	4:56:59.736	4:58:10.235
	GRJI	4:55:29	4:56:47.187	4:57:48.527
	JCJI	4:55:29	4:55:53.908	4:56:14.787
	KPJI	4:55:29	4:55:57.669	4:56:21.565
	KRK	4:55:29	4:56:45.657	4:57:46.072
	LEM	4:55:29	4:55:47.074	4:56:03.851
	NGJI	4:55:29	4:56:32.691	4:57:22.328
	PCJI	4:55:29	4:56:28.278	4:57:15.490
	PWJI	4:55:29	4:56:36.720	4:57:30.570
	RTBI	4:55:29	4:57:19.957	4:58:47.366
	SCJI	4:55:29	4:56:01.876	4:56:26.196
	SKJI	4:55:29	4:55:46.024	4:55:59.272
	SMRI	4:55:29	4:56:19.456	4:56:59.179
	SWJI	4:55:29	7:36:36.597	4:57:29.767

	TBJI	4:55:29	4:56:38.813	4:57:33.760
	TNG	4:55:29	4:55:56.336	4:56:17.228
	TNGI	4:55:29	4:55:56.026	4:56:17.679
	UGM	4:55:29	4:56:19.070	4:56:58.627
	WOJI	4:55:29	4:56:24.223	4:57:08.246
	YOGI	4:55:29	4:56:16.716	4:56:53.649
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
9	BLJI	5:05:25	5:05:51.539	5:06:11.883
	CGJI	5:05:25	5:07:05.215	5:08:25.299
	CISI	5:05:25	5:06:34.391	5:07:29.606
	DBJI	5:05:25	5:06:52.079	5:08:02.028
	GMJI	5:05:25	5:05:45.552	5:06:01.885
	GRJI	5:05:25	5:05:56.514	5:06:20.450
	JAGI	5:05:25	5:05:53.266	5:06:14.388
	JCJI	5:05:25	5:06:33.822	5:07:26.312
	KPJI	5:05:25	5:06:21.579	5:07:05.294
	KRK	5:05:25	5:05:40.575	5:05:52.357
	LEM	5:05:25	5:06:40.404	5:07:39.806
	NGJI	5:05:25	5:05:54.179	5:06:17.817
	PCJI	5:05:25	0:14:09.706	5:06:08.664
	PWJI	5:05:25	5:05:44.375	5:06:00.267
	SCJI	5:05:25	5:06:16.760	5:06:57.222
	SKJI	5:05:25	5:06:53.233	5:08:02.174
	SMRI	5:05:25	5:06:06.176	5:06:38.704
	SWJI	5:05:25	5:05:48.340	5:06:06.803
	TBJI	5:05:25	5:05:58.789	5:06:25.935
	TNG	5:05:25	5:06:56.239	5:08:08.555
	UGM	5:05:25	5:05:59.346	5:06:25.876
	WOJI	5:05:25	5:05:54.775	5:06:17.397
	YOGI	5:05:25	5:06:02.675	5:06:30.600
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
10	BLJI	15:40:11	15:41:58.471	15:43:23.085
	CBJI	15:40:11	15:40:30.169	15:40:46.071
	CGJI	15:40:11	15:40:25.422	15:40:37.238
	CISI	15:40:11	15:40:40.507	15:41:03.360
	CMJI	15:40:11	15:40:49.215	15:41:19.764
	CTJI	15:40:11	15:40:58.144	15:41:36.532
	GMJI	15:40:11	15:41:57.455	15:43:21.796
	GRJI	15:40:11	15:41:43.453	15:42:56.656
	JAGI	15:40:11	15:42:05.811	15:43:38.492
	JCJI	15:40:11	15:40:47.987	15:41:15.484
	KPJI	15:40:11	15:40:55.049	15:41:29.756

	KRK	15:40:11	15:41:43.799	15:42:56.245
	LEM	15:40:11	15:40:38.586	15:41:00.292
	NGJI	15:40:11	15:41:29.732	15:42:31.745
	PCJI	15:40:11	15:41:26.048	15:42:26.535
	PWJI	15:40:11	15:41:34.196	15:42:40.003
	RTBI	15:40:11	15:42:17.488	15:43:57.138
	SCJI	15:40:11	15:40:58.122	15:41:36.668
	SKJI	15:40:11	15:40:24.257	15:40:35.265
	SMRI	15:40:11	15:41:15.355	15:42:07.326
	SWJI	15:40:11	15:41:33.768	15:42:39.520
	TBJI	15:40:11	15:41:35.505	15:42:41.286
	TNG	15:40:11	15:40:34.742	15:40:51.415
	UGM	15:40:11	15:41:17.810	15:42:09.351
	WOJI	15:40:11	15:41:22.500	15:42:19.202
	YOGI	15:40:11	15:41:14.212	15:42:03.936
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
11	ABJI	14:54:12	14:55:11.385	14:55:58.625
	CGJI	14:54:12	14:55:24.702	14:56:21.436
	CISI	14:54:12	14:54:52.452	14:55:24.698
	CMJI	14:54:12	14:54:43.373	14:55:08.595
	CTJI	14:54:12	14:54:43.693	14:55:08.293
	DBJI	14:54:12	14:55:12.437	14:55:59.276
	GMJI	14:54:12	14:54:59.022	14:55:37.673
	GRJI	14:54:12	14:54:55.000	14:55:29.030
	JAGI	14:54:12	14:55:09.837	14:55:54.791
	JCJI	14:54:12	14:54:54.176	14:55:27.526
	KPJI	14:54:12	14:54:42.259	14:55:06.227
	KRK	14:54:12	14:54:47.221	14:55:14.151
	LEM	14:54:12	14:55:00.218	14:55:38.026
	NGJI	14:54:12	14:54:41.508	14:55:04.412
	SCJI	14:54:12	14:54:36.547	14:54:55.237
	SKJI	14:54:12	14:55:11.595	14:55:57.711
	SMRI	14:54:12	14:54:39.295	14:55:01.400
	SWJI	14:54:12	14:54:41.836	14:55:01.268
	TBJI	14:54:12	14:54:50.267	14:55:20.120
	TNG	14:54:12	14:55:16.273	14:56:06.670
	UGM	14:54:12	14:54:28.435	14:54:41.224
	UWJI	14:54:12	14:54:49.372	14:55:19.221
	WOJI	14:54:12	14:54:37.110	14:54:56.308
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
12	BLJI	12:37:42	12:39:04.239	12:40:09.540
	CBJI	12:37:42	12:38:13.871	12:38:37.311

	CGJI	12:37:42	12:38:24.357	12:38:57.590
	CISI	12:37:42	12:37:59.437	12:38:12.981
	CMJI	12:37:42	12:37:58.933	12:38:13.502
	CNJI	12:37:42	12:38:04.354	12:38:22.620
	DBJI	12:37:42	12:38:16.516	12:38:42.522
	GMJI	12:37:42	12:39:01.868	12:40:04.574
	GRJI	12:37:42	12:38:52.558	12:39:47.220
	JAGI	12:37:42	12:39:11.069	12:40:21.803
	JCJI	12:37:42	12:38:10.708	12:38:32.417
	KPJI	12:37:42	12:38:07.420	12:38:27.542
	KRK	12:37:42	12:38:48.864	12:39:40.265
	LEM	12:37:42	12:38:08.935	12:38:29.100
	NGJI	12:37:42	12:38:37.845	12:39:20.635
	PCJI	12:37:42	12:38:31.474	12:39:11.555
	PWJI	12:37:42	12:38:39.707	12:39:25.104
	RTBI	12:37:42	12:39:21.378	12:40:41.207
	SBJI	12:37:42	12:38:25.424	12:38:58.516
	SKJI	12:37:42	12:38:12.421	12:38:36.163
	SMRI	12:37:42	12:38:26.283	12:39:00.944
	SWJI	12:37:42	12:38:40.710	12:39:25.834
	TBJI	12:37:42	12:38:44.379	12:39:33.353
	TNG	12:37:42	12:38:21.567	12:38:51.627
	TNGI	12:37:42	12:38:21.569	12:38:51.683
	UGM	12:37:42	12:38:23.419	12:38:55.319
	YOGI	12:37:42	12:38:20.239	12:38:50.373
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
13	CGJI	16:56:41	16:57:13.000	16:57:48.000
	CISI	16:56:41	16:57:23.541	16:57:52.255
	CMJI	16:56:41	16:57:27.681	16:58:01.763
	LEM	16:56:41	16:57:24.257	16:58:00.240
	PCJI	16:56:41	16:58:06.306	16:59:08.762
	PWJI	16:56:41	16:58:12.340	16:59:24.492
	SKJI	16:56:41	16:57:12.110	16:57:37.605
	UGM	16:56:41	16:57:56.843	16:58:51.757
	WOJI	16:56:41	16:58:01.087	16:59:02.356
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
14	CGJI	19:57:15	19:57:49.509	19:58:16.823
	CTJI	19:57:15	19:58:11.386	19:58:56.880
	DBJI	19:57:15	19:57:22.478	19:58:21.314
	GMJI	19:57:15	19:59:04.408	20:00:30.336
	GRJI	19:57:15	19:58:54.134	20:00:12.391
	JAGI	19:57:15	19:59:13.074	20:00:47.324

	JCJI	19:57:15	19:58:03.067	19:58:40.700
	KPJI	19:57:15	19:58:06.490	19:58:47.251
	KRK	19:57:15	19:58:51.423	20:00:06.630
	LEM	19:57:15	19:57:55.270	19:58:27.878
	NGJI	19:57:15	19:58:39.309	19:59:45.733
	PCJI	19:57:15	19:58:33.096	19:59:35.743
	PWJI	19:57:15	19:58:42.310	19:59:51.341
	RTBI	19:57:15	19:59:24.164	20:01:06.401
	SCJI	19:57:15	19:58:08.831	19:58:49.952
	SKJI	19:57:15	19:57:45.241	19:58:09.412
	SWJI	19:57:15	19:58:42.051	19:59:51.625
	TBJI	19:57:15	19:58:46.756	19:59:58.099
	TNG	19:57:15	19:57:57.647	19:58:29.617
	UGM	19:57:15	19:58:25.551	19:59:20.103
	WOJI	19:57:15	19:58:30.831	19:59:30.674
	YOGI	19:57:15	19:58:22.871	19:59:15.453
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
15	CBJI	19:31:48	19:32:17.468	19:32:40.116
	CGJI	19:31:48	19:31:58.196	19:32:06.668
	CISI	19:31:48	19:32:30.071	19:33:00.648
	LEM	19:31:48	19:32:26.705	19:32:57.612
	SKJI	19:31:48	19:32:12.319	19:32:29.041
	TNG	19:31:48	19:32:15.813	19:32:37.671
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
16	ABJI	19:26:42	19:28:50.644	19:30:29.915
	CBJI	19:26:42	19:27:09.356	19:27:31.203
	CGJI	19:26:42	19:26:53.891	19:27:03.176
	CISI	19:26:42	19:27:22.361	19:27:51.490
	GMJI	19:26:42	19:28:38.134	19:30:11.502
	GRJI	19:26:42	19:28:25.134	19:29:48.212
	JAGI	19:26:42	19:28:47.598	19:30:29.338
	JCJI	19:26:42	19:27:26.159	19:28:03.401
	KPJI	19:26:42	19:27:36.150	19:28:21.814
	KRK	19:26:42	19:28:25.993	19:29:46.797
	LEM	19:26:42	19:27:18.375	19:27:47.876
	PCJI	19:26:42	19:28:09.211	19:29:16.162
	PWJI	19:26:42	19:28:16.976	19:29:31.164
	RTBI	19:26:42	19:28:58.981	19:30:48.445
	SBJI	19:26:42	19:27:04.166	19:27:21.245
	SCJI	19:26:42	19:27:40.808	19:28:26.320
	SKJI	19:26:42	19:27:03.572	19:27:22.089
	SWJI	19:26:42	19:27:22.089	19:29:37.151

	TNG	19:26:42	19:27:09.560	19:27:28.870
	UGM	19:26:42	19:27:59.218	19:28:58.539
	WOJI	19:26:42	19:28:04.295	19:29:06.946
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
17	CISI	15:01:20	15:01:32.551	15:01:45.599
	CMJI	15:01:20	15:01:43.020	15:02:00.220
	CTJI	15:01:20	15:01:53.377	15:02:23.884
	GRJI	15:01:20	15:02:39.322	15:03:38.673
	JAGI	15:01:20	15:02:58.833	15:04:19.989
	JCJI	15:01:20	15:01:48.086	15:02:05.839
	KPJI	15:01:20	15:01:50.129	15:02:15.633
	LEM	15:01:20	15:01:39.387	15:01:54.440
	PCJI	15:01:20	15:02:20.350	15:03:07.245
	PWJI	15:01:20	15:02:28.298	15:03:22.374
	SCJI	15:01:20	15:01:52.602	15:02:18.506
	SKJI	15:01:20	15:01:35.585	15:01:49.131
	SWJI	15:01:20	15:02:29.188	15:03:20.556
	UGM	15:01:20	15:02:10.870	15:02:50.935
	WOJI	15:01:20	15:02:17.225	15:03:00.261
	YOGI	15:01:20	15:02:06.298	15:02:45.369
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
18	CGJI	9:18:53	9:20:04.760	9:20:49.547
	CISI	9:18:53	9:20:49.547	9:19:21.845
	CMJI	9:18:53	9:19:09.671	9:19:20.569
	CTJI	9:18:53	9:19:24.638	9:19:47.417
	GMJI	9:18:53	9:20:12.454	9:21:14.866
	GRJI	9:18:53	9:20:02.490	9:20:55.211
	JAGI	9:18:53	9:20:22.739	9:21:33.218
	JCJI	9:18:53	9:19:21.757	9:19:43.342
	KPJI	9:18:53	9:19:15.339	9:19:37.393
	KRK	9:18:53	9:19:59.508	9:20:50.623
	LEM	9:18:53	9:19:19.796	9:19:40.406
	PCJI	9:18:53	9:19:41.840	9:20:16.035
	SCJI	9:18:53	9:19:18.447	9:19:32.001
	SKJI	9:18:53	9:19:24.165	9:19:46.051
	SMRI	9:18:53	9:19:36.684	9:20:10.384
	SWJI	9:18:53	9:19:51.833	9:20:38.625
	UGM	9:18:53	9:19:32.194	9:20:01.902
	WOJI	9:18:53	9:19:38.754	9:20:09.876
	YOGI	9:18:53	9:19:30.032	9:20:00.548
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
19	CGJI	13:28:15	13:29:08.837	13:29:30.965

	CISI	13:28:15	13:28:37.482	13:28:53.677
	CTJI	13:28:15	13:28:56.573	13:29:29.617
	GRJI	13:28:15	13:29:41.403	13:30:50.949
	JAGI	13:28:15	13:30:50.949	13:30:04.906
	JCJI	13:28:15	13:28:48.909	13:29:09.802
	LEM	13:28:15	13:28:38.581	13:28:54.433
	PCJI	13:28:15	13:29:23.672	13:30:15.231
	PWJI	13:28:15	13:29:31.927	13:30:30.068
	SCJI	13:28:15	13:28:55.923	13:29:27.590
	SKJI	13:28:15	13:28:26.542	13:28:35.804
	SWJI	13:28:15	13:29:33.574	13:30:31.831
	TNG	13:28:15	13:28:40.415	13:28:55.527
	UGM	13:28:15	13:29:15.146	13:30:01.359
	YOGI	13:28:15	13:29:11.667	13:29:51.823
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
20	CISI	21:59:30	21:59:56.921	22:00:16.522
	JCJI	21:59:30	22:00:07.628	22:00:34.378
	PWJI	21:59:30	22:00:54.238	22:01:54.307
	SCJI	21:59:30	22:00:14.894	22:00:50.963
	SKJI	21:59:30	21:59:45.827	21:59:59.098
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
21	ABJI	20:38:15	20:39:53.225	20:41:04.456
	CGJI	20:38:15	20:39:20.854	20:39:53.448
	CISI	20:38:15	20:38:27.225	20:38:38.377
	GMJI	20:38:15	20:39:40.049	20:40:45.536
	GRJI	20:38:15	20:39:29.272	20:40:26.107
	JAGI	20:38:15	20:39:49.389	20:41:01.852
	JCJI	20:38:15	20:38:38.660	20:38:58.000
	KRK	20:38:15	20:39:27.728	20:40:22.550
	PCJI	20:38:15	20:39:08.290	20:39:51.526
	PWJI	20:38:15	20:39:18.530	20:40:05.310
	RTBI	20:38:15	20:40:01.672	20:41:22.064
	SCJI	20:38:15	20:38:42.923	20:39:02.403
	SKJI	20:38:15	20:38:38.154	20:38:55.194
	SMRI	20:38:15	20:39:00.635	20:39:37.136
	SWJI	20:38:15	20:39:16.748	20:40:04.513
	UGM	20:38:15	20:38:59.847	20:39:34.704
	YOGI	20:38:15	20:38:57.790	20:39:29.805
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
22	ABJI	4:01:50	4:02:35.100	4:03:09.023
	BLJI	4:01:50	4:02:25.819	4:02:56.036
	CISI	4:01:50	4:02:46.638	4:03:30.203

	GRJI	4:01:50	4:02:24.781	4:02:50.497
	JAGI	4:01:50	4:02:31.701	4:03:01.608
	KPJI	4:01:50	4:02:34.133	4:03:09.463
	KRK	4:01:50	4:02:10.615	4:02:26.620
	PCJI	4:01:50	4:02:04.190	4:02:14.441
	PWJI	4:01:50	4:02:06.436	4:02:19.202
	RTBI	4:01:50	4:02:41.514	4:03:21.408
	SCJI	4:01:50	4:02:28.602	4:02:58.002
	SMRI	4:01:50	4:02:23.668	4:02:48.198
	SWJI	4:01:50	4:02:09.563	4:02:24.738
	UGM	4:01:50	4:02:11.741	4:02:28.704
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
23	CGJI	12:16:39	12:17:45.723	12:18:20.422
	CISI	12:16:39	12:16:50.971	12:17:06.322
	JCJI	12:16:39	12:17:07.871	12:17:28.692
	KPJI	12:16:39	12:17:07.161	12:17:29.916
	PCJI	12:16:39	12:17:35.320	12:18:17.482
	PWJI	12:16:39	12:17:43.306	12:18:33.746
	SCJI	12:16:39	12:17:07.068	12:17:31.738
	SWJI	12:16:39	12:17:44.478	12:18:32.279
	UGM	12:16:39	12:17:26.410	12:18:02.298
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
24	CBJI	6:34:18	6:34:43.033	6:35:03.176
	CISI	6:34:18	6:34:32.174	6:34:44.797
	GMJI	6:34:18	6:35:45.294	6:36:52.073
	GRJI	6:34:18	6:35:36.234	6:36:33.355
	JAGI	6:34:18	6:35:55.638	6:37:11.013
	JCJI	6:34:18	6:34:47.483	6:35:08.244
	KPJI	6:34:18	6:34:47.085	6:35:10.351
	KRK	6:34:18	6:35:31.710	6:36:29.606
	PCJI	6:34:18	6:35:14.387	6:35:58.688
	PWJI	6:34:18	6:35:23.404	6:36:14.156
	SCJI	6:34:18	6:34:48.644	6:35:11.765
	SKJI	6:34:18	6:34:41.770	6:35:00.238
	UGM	6:34:18	6:35:06.147	6:35:43.824
	YOGI	6:34:18	6:35:03.023	6:35:36.793
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
25	CISI	4:48:45	4:49:06.194	4:49:34.067
	CNJI	4:48:45	4:49:30.533	4:49:49.386
	SKJI	4:48:45	4:49:08.553	4:49:33.058
	TNGI	4:48:45	4:49:23.424	4:49:50.153
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts

26	CGJI	8:56:57	8:58:05.002	8:58:33.245
	CISI	8:56:57	8:57:13.059	8:57:23.226
	CMJI	8:56:57	8:57:47.478	8:58:10.831
	CTJI	8:56:57	8:58:05.828	8:58:40.241
	JAGI	8:56:57	8:58:35.306	8:59:50.237
	JCJI	8:56:57	8:57:57.163	8:58:26.543
	LEM	8:56:57	8:57:28.711	8:57:44.602
	PCJI	8:56:57	8:58:28.113	8:59:21.008
	PWJI	8:56:57	8:58:39.751	8:59:41.159
	SCJI	8:56:57	8:58:04.149	8:58:32.807
	SKJI	8:56:57	8:58:32.807	8:58:15.983
	SWJI	8:56:57	8:58:37.351	8:59:51.916
	TGJI	8:56:57	8:57:31.896	8:58:01.980
	UGM	8:56:57	8:58:01.980	8:58:24.162
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
27	CGJI	16:54:21	16:55:15.956	16:55:32.708
	CISI	16:54:21	16:54:39.552	16:54:50.491
	CMJI	16:54:21	16:55:15.840	16:55:44.389
	JAGI	16:54:21	16:56:07.284	16:57:32.728
	JCJI	16:54:21	16:55:17.369	16:55:46.644
	LEM	16:54:21	16:54:46.493	16:55:05.895
	PCJI	16:54:21	16:55:58.004	16:57:00.654
	PWJI	16:54:21	16:56:05.026	16:57:19.879
	SCJI	16:54:21	16:55:28.016	16:56:03.077
	SKJI	16:54:21	16:55:00.726	16:55:12.272
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
28	CBJI	21:42:46	21:43:01.631	21:43:15.895
	CGJI	21:42:46	21:43:07.895	21:43:28.862
	CISI	21:42:46	21:43:05.049	21:43:23.533
	CMJI	21:42:46	21:43:13.509	21:43:38.947
	CNJI	21:42:46	21:43:59.777	21:43:09.272
	JCJI	21:42:46	21:43:14.815	21:43:38.631
	KPJI	21:42:46	21:43:26.589	21:43:49.405
	LEM	21:42:46	21:43:10.025	21:43:23.919
	SCJI	21:42:46	21:43:25.076	21:43:57.647
	SKJI	21:42:46	21:43:59.304	21:43:08.721
	TNGI	21:42:46	21:43:09.036	21:43:26.702
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
29	BLJI	8:23:37	8:25:18.310	8:26:38.835
	CISI	8:23:37	8:23:59.696	8:24:18.804
	CMJI	8:23:37	8:24:09.692	8:24:33.681
	CNJI	8:23:37	8:23:51.087	8:24:03.470

	JAGI	8:23:37	8:25:26.883	8:26:53.270
	KRK	8:23:37	8:25:04.207	8:26:11.339
	LEM	8:23:37	8:23:59.835	8:24:16.444
	PCJI	8:23:37	8:24:46.784	8:25:40.726
	PWJI	8:23:37	8:24:53.920	8:25:55.993
	SCJI	8:23:37	8:24:17.615	8:24:49.927
	SWJI	8:23:37	8:24:52.587	8:25:53.819
	UGM	8:23:37	8:24:34.933	8:25:21.666
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
30	CGJI	10:59:08	10:59:24.659	10:59:36.386
	CISI	10:59:08	10:59:35.103	10:59:54.760
	CMJI	10:59:08	10:59:43.873	11:00:11.131
	CNJI	10:59:08	10:59:26.377	10:59:39.179
	JAGI	10:59:08	11:01:01.718	11:02:28.766
	LEM	10:59:08	10:59:31.791	10:59:50.714
	PCJI	10:59:08	11:00:19.900	11:01:17.488
	PWJI	10:59:08	11:00:28.440	11:01:31.526
	SCJI	10:59:08	10:59:51.253	11:00:26.676
	SKJI	10:59:08	10:59:22.080	10:59:31.257
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
31	CBJI	13:27:02	13:27:41.250	13:28:12.969
	CGJI	13:27:02	13:27:57.693	13:28:34.701
	CISI	13:27:02	13:27:24.991	13:27:43.119
	CMJI	13:27:02	13:27:21.021	13:27:36.578
	CNJI	13:27:02	13:27:33.689	13:27:58.440
	JAGI	13:27:02	13:28:22.923	13:29:25.826
	JCJI	13:27:02	13:28:06.647	13:28:00.619
	LEM	13:27:02	13:27:36.266	13:28:01.415
	PCJI	13:27:02	13:27:44.796	13:28:17.315
	PWJI	13:27:02	13:27:52.315	13:28:32.679
	SCJI	13:27:02	13:27:25.070	13:27:41.832
	SKJI	13:27:02	13:27:40.880	13:28:13.969
	SWJI	13:27:02	13:27:52.066	13:28:31.762
	UGM	13:27:02	13:27:36.511	13:28:04.907
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
32	BLJI	14:33:25	14:34:36.438	14:35:32.267
	CBJI	14:33:25	14:34:03.826	14:34:33.529
	CISI	14:33:25	14:33:45.756	14:34:03.074
	CMJI	14:33:25	14:33:40.653	14:33:53.756
	CNJI	14:33:25	14:33:53.756	14:34:15.771
	CTJI	14:33:25	14:33:50.208	14:34:11.100
	JAGI	14:33:25	14:34:43.087	14:35:44.973

	LEM	14:33:25	14:33:55.091	14:34:19.448
	PWJI	14:33:25	14:34:12.410	14:34:49.915
	SCJI	14:33:25	14:33:44.558	14:33:57.609
	SWJI	14:33:25	14:34:11.463	14:34:50.105
	UGM	14:33:25	14:33:57.780	14:34:20.249
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
33	CBJI	22:43:11	22:43:35.417	22:43:53.676
	CISI	22:43:11	22:43:38.835	22:44:02.945
	CMJI	22:43:11	22:43:44.114	22:44:11.925
	CNJI	22:43:11	22:43:37.191	22:43:56.283
	PWJI	22:43:11	22:44:23.919	22:46:17.040
	SKJI	22:43:11	22:43:37.645	22:43:57.769
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
34	CBJI	20:28:56	20:29:40.890	20:30:15.127
	CISI	20:28:56	20:29:24.369	20:29:45.731
	CMJI	20:28:56	20:29:18.451	20:29:36.197
	CNJI	20:28:56	20:29:32.870	20:30:00.787
	JAGI	20:28:56	20:30:19.556	20:31:25.174
	JCJI	20:28:56	20:29:33.931	20:30:03.812
	KRK	20:28:56	20:29:57.936	20:30:45.860
	NGJI	20:28:56	20:29:49.336	20:30:29.732
	PCJI	20:28:56	20:29:39.878	20:30:16.285
	PWJI	20:28:56	20:29:49.765	20:30:30.783
	SCJI	20:28:56	20:29:20.199	20:29:43.194
	SWJI	20:28:56	20:29:49.584	20:30:31.712
	UGM	20:28:56	20:29:32.968	20:30:01.256
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
35	CBJI	4:34:45	4:35:03.570	4:35:16.512
	CISI	4:34:45	4:35:12.975	4:35:36.779
	CMJI	4:34:45	4:35:22.466	4:35:51.197
	CNJI	4:34:45	4:35:03.224	4:35:19.477
	DBJI	4:34:45	4:35:02.852	4:35:19.805
	JAGI	4:34:45	4:36:40.055	4:38:12.546
	LEM	4:34:45	4:35:11.110	4:35:38.357
	PWJI	4:34:45	4:36:08.328	4:37:14.756
	SKJI	4:34:45	4:34:57.476	4:35:05.482
	SWJI	4:34:45	4:36:08.816	4:37:14.185
	TNG	4:34:45	4:35:04.565	4:35:21.607
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
36	CISI	1:20:16	1:20:35.750	1:20:49.915
	CMJI	1:20:16	1:20:42.139	1:21:01.313
	CNJI	1:20:16	1:20:29.887	1:20:39.699

	CTJI	1:20:16	1:20:55.483	1:21:25.060
	DBJI	1:20:16	1:20:35.905	1:20:57.247
	JAGI	1:20:16	1:22:01.486	1:23:22.479
	JCJI	1:20:16	1:20:45.968	1:21:09.454
	KPJI	1:20:16	1:20:50.352	1:21:17.759
	KRK	1:20:16	1:21:36.783	1:22:40.268
	LEM	1:20:16	1:20:39.852	1:20:56.459
	PCJI	1:20:16	1:21:20.203	1:22:09.992
	PWJI	1:20:16	1:21:28.153	1:22:25.175
	SCJI	1:20:16	1:20:51.875	1:21:21.798
	SKJI	1:20:16	1:20:30.163	1:20:43.877
	SMRI	1:20:16	1:21:10.129	1:21:54.833
	TNGI	1:20:16	1:20:41.972	1:21:03.857
	UGM	1:20:16	1:21:11.611	1:21:54.316
	YOGI	1:20:16	1:21:06.278	1:21:48.862
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
37	BYJI	1:16:14	1:17:01.385	1:17:37.608
	CISI	1:16:14	1:17:06.806	1:17:49.562
	CMJI	1:16:14	1:17:00.250	1:17:34.886
	CNJI	1:16:14	1:17:16.118	1:18:06.876
	GMJI	1:16:14	1:16:50.678	1:17:15.652
	JAGI	1:16:14	1:16:56.205	1:17:29.945
	KPJI	1:16:14	1:16:55.427	1:17:27.082
	KRK	1:16:14	1:16:37.056	1:16:56.733
	NGJI	1:16:14	1:16:39.892	1:16:58.859
	PCJI	1:16:14	1:16:26.392	1:16:39.657
	PWJI	1:16:14	1:16:31.860	1:16:48.269
	SCJI	1:16:14	1:16:49.932	1:17:18.876
	SMRI	1:16:14	1:16:45.112	1:17:10.461
	SWJI	1:16:14	1:16:34.938	1:16:53.059
	UGM	1:16:14	1:16:35.540	1:16:52.231
	UWJI	1:16:14	1:16:54.523	1:17:22.215
	WOJI	1:16:14	1:16:34.292	1:16:49.655
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
38	CGJI	6:29:35	6:30:15.337	6:30:46.151
	CISI	6:29:35	6:30:02.327	6:30:26.535
	CMJI	6:29:35	6:30:06.665	6:30:31.507
	CNJI	6:29:35	6:30:03.303	6:30:27.210
	KPJI	6:29:35	6:30:13.235	6:30:42.092
	LEM	6:29:35	6:30:06.227	6:30:33.519
	PCJI	6:29:35	6:30:36.025	6:32:24.519
	SKJI	6:29:35	6:30:07.674	6:30:30.494

Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
39	CBJI	12:44:48	12:45:17.435	12:45:39.425
	CGJI	12:44:48	12:45:00.470	12:45:10.677
	CISI	12:44:48	12:45:28.383	12:46:00.101
	CMJI	12:44:48	12:45:37.822	12:46:19.539
	CNJI	12:44:48	12:45:18.340	12:46:19.917
	LEM	12:44:48	12:45:25.849	12:45:54.363
	SKJI	12:44:48	12:45:12.737	12:45:28.911
	TNG	12:44:48	12:45:15.949	12:45:35.432
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
40	BLJI	3:59:39	4:00:19.069	4:00:50.854
	BYJI	3:59:39	4:00:27.793	4:01:05.134
	CBJI	3:59:39	4:00:47.515	0:06:18.922
	CISI	3:59:39	4:00:31.848	4:01:11.925
	CNJI	3:59:39	4:00:41.595	4:01:29.047
	JAGI	3:59:39	4:00:24.425	4:00:59.634
	KRK	3:59:39	4:00:03.317	4:00:22.750
	LEM	3:59:39	4:00:38.838	4:01:27.453
	PCJI	3:59:39	3:59:02.124	4:00:04.534
	PWJI	3:59:39	3:59:58.173	4:00:12.568
	SKJI	3:59:39	4:00:50.744	4:01:47.787
	SWJI	3:59:39	4:00:00.636	4:00:17.398
	UGM	3:59:39	3:59:58.918	4:00:16.223
	WOJI	3:59:39	3:59:57.801	4:00:12.662
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
41	CISI	10:27:20	10:27:38.486	10:27:56.331
	CNJI	10:27:20	10:27:37.731	10:27:49.785
	JAGI	10:27:20	10:29:03.809	10:30:24.265
	KRK	10:27:20	10:28:40.006	10:29:43.602
	LEM	10:27:20	10:27:45.470	10:28:08.156
	PCJI	10:27:20	10:28:22.066	10:29:12.891
	PWJI	10:27:20	10:28:31.192	10:29:27.657
	SCJI	10:27:20	10:27:58.694	10:28:24.131
	SKJI	10:27:20	10:27:40.026	10:27:56.840
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
42	CBJI	12:39:00	12:39:22.290	12:39:40.300
	CISI	12:39:00	12:39:14.113	12:39:25.309
	CMJI	12:39:00	12:39:21.048	12:39:39.162
	CNJI	12:39:00	12:39:15.969	20:39:26.327
	JAGI	12:39:00	12:40:37.921	12:41:57.387
	KRK	12:39:00	12:40:16.565	12:41:14.830
	LEM	12:39:00	12:39:23.794	12:39:39.940

	PCJI	12:39:00	12:39:58.676	12:40:44.190
	PWJI	12:39:00	12:40:06.502	12:40:59.525
	SCJI	12:39:00	12:39:31.682	12:39:56.765
	SKJI	12:39:00	12:39:23.332	12:39:03.283
	SMRI	12:39:00	12:39:51.019	12:40:31.523
	UGM	12:39:00	12:39:47.767	12:40:26.221
	YOGI	12:39:00	12:39:45.399	12:40:22.455
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
43	BLJI	7:03:30	7:04:23.021	7:05:04.898
	BYJI	7:03:30	7:04:32.736	7:05:21.769
	CISI	7:03:30	7:04:08.788	7:04:41.252
	CMJI	7:03:30	7:04:00.470	7:04:21.681
	CNJI	7:03:30	7:04:18.247	7:04:56.531
	JAGI	7:03:30	7:04:30.352	7:05:15.769
	KRK	7:03:30	7:04:06.843	7:04:35.204
	LEM	7:03:30	7:04:18.135	7:04:58.485
	PCJI	7:03:30	7:03:50.955	7:04:06.265
	PWJI	7:03:30	7:04:00.850	7:04:21.886
	SCJI	7:03:30	7:03:53.686	7:04:11.185
	SKJI	7:03:30	7:04:27.495	7:05:12.510
	SMRI	7:03:30	7:03:59.472	7:04:19.040
	UGM	7:03:30	7:03:46.663	7:04:01.673
	WOJI	7:03:30	7:03:51.763	7:04:09.132
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
44	CBJI	16:55:53	16:56:30.075	16:57:00.700
	CISI	16:55:53	16:56:12.679	16:56:31.261
	CMJI	16:55:53	16:56:04.899	16:56:18.050
	CNJI	16:55:53	16:56:24.829	16:56:44.120
	KRK	16:55:53	16:56:45.278	16:57:30.470
	LEM	16:55:53	16:56:22.534	16:56:47.573
	PCJI	16:55:53	16:56:29.050	16:57:00.475
	PWJI	16:55:53	16:56:38.412	16:57:13.450
	SCJI	16:55:53	16:56:07.715	16:56:20.144
	SKJI	16:55:53	16:56:31.993	16:57:05.307
	SMRI	16:55:53	16:56:24.489	16:56:50.885
	SWJI	16:55:53	16:56:38.796	16:57:15.999
	UGM	16:55:53	16:56:21.664	16:56:42.552
	UWJI	16:55:53	16:56:36.504	16:57:10.735
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
45	CBJI	19:48:25	19:48:44.559	19:49:02.802
	CISI	19:48:25	19:48:48.223	19:49:06.241
	CMJI	19:48:25	19:48:56.241	19:49:21.229

	CNJI	19:48:25	19:48:41.933	19:48:54.225
	LEM	19:48:25	19:48:49.066	19:49:10.515
	PCJI	19:48:25	19:49:33.994	19:50:28.930
	PWJI	19:48:25	19:49:42.849	19:50:42.933
	SCJI	19:48:25	19:49:06.161	19:49:38.893
	SKJI	19:48:25	19:48:41.319	19:48:54.932
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
46	BYJI	16:38:54	16:39:55.966	16:40:42.291
	CNJI	16:38:54	16:39:46.722	16:40:26.827
	KRK	16:38:54	16:39:31.388	16:39:55.962
	PCJI	16:38:54	16:39:10.520	16:39:20.783
	PWJI	16:38:54	16:39:22.338	16:39:39.153
	SCJI	16:38:54	16:39:18.184	16:39:35.938
	SMRI	16:38:54	16:39:14.009	16:39:26.708
	TBJI	16:38:54	16:39:26.625	16:39:51.023
	UGM	16:38:54	16:38:57.613	16:39:01.946
	UWJI	16:38:54	16:39:09.896	16:39:16.041
	WOJI	16:38:54	16:39:06.220	16:39:12.349
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
47	BYJI	11:41:40	11:42:44.760	11:43:34.864
	CISI	11:41:40	11:42:16.839	11:42:49.410
	CMJI	11:41:40	11:42:08.576	11:42:30.259
	JAGI	11:41:40	11:42:41.071	11:43:29.537
	JCJI	11:41:40	11:42:20.335	11:42:44.836
	KRK	11:41:40	11:42:18.119	11:42:46.008
	PCJI	11:41:40	11:42:00.489	11:42:15.337
	PWJI	11:41:40	11:42:09.533	11:42:31.462
	SMRI	11:41:40	11:41:57.688	11:42:13.949
	TBJI	11:41:40	11:42:15.318	11:42:42.130
	UGM	11:41:40	11:41:48.507	11:41:54.648
	UWJI	11:41:40	11:42:11.790	11:42:37.592
	WOJI	11:41:40	11:41:55.339	11:42:08.299
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
48	BLJI	22:19:19	22:19:43.700	22:20:04.203
	BYJI	22:19:19	22:19:49.091	22:20:13.346
	CBJI	22:19:19	22:27:18.387	22:21:50.590
	CISI	22:19:19	22:20:28.504	22:21:22.261
	CMJI	22:19:19	22:20:19.579	22:21:06.108
	CNJI	22:19:19	22:20:41.471	22:21:39.113
	GMJI	22:19:19	22:19:39.651	22:19:55.930
	KRK	22:19:19	22:19:32.602	22:19:46.859
	NGJI	22:19:19	22:19:47.655	22:20:10.451

	PWJI	22:19:19	22:19:38.441	22:19:53.868
	SCJI	22:19:19	22:20:10.883	22:20:50.057
	SMRI	22:19:19	22:19:58.309	22:20:31.721
	SWJI	22:19:19	22:19:41.614	22:20:00.681
	TBJI	22:19:19	22:19:51.450	22:20:16.491
	UGM	22:19:19	22:19:51.969	22:20:18.131
	YOGI	22:19:19	22:19:56.369	22:20:24.384
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
49	CBJI	1:32:32	1:33:37.479	1:33:23.840
	CISI	1:32:32	1:33:06.380	1:33:35.874
	CMJI	1:32:32	1:33:16.186	1:33:51.156
	CNJI	1:32:32	1:33:00.837	1:33:20.852
	LEM	1:32:32	1:33:08.609	1:33:34.889
	SKJI	1:32:32	1:33:51.887	1:32:57.876
	TNG	1:32:32	1:33:05.624	1:33:28.295
	TNGI	1:32:32	1:33:04.946	1:33:28.056
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
50	CBJI	19:10:23	19:10:44.544	19:11:00.910
	CISI	19:10:23	19:10:36.574	19:10:50.990
	CMJI	19:10:23	19:10:48.016	19:11:07.779
	CNJI	19:10:23	19:10:35.331	19:10:49.923
	CTJI	19:10:23	19:11:01.710	19:11:30.657
	JCJI	19:10:23	19:10:51.012	19:11:13.433
	KRK	19:10:23	19:11:41.846	19:12:44.642
	LEM	19:10:23	19:10:43.751	19:11:01.471
	PWJI	19:10:23	19:11:35.952	19:12:28.616
	SCJI	19:10:23	19:10:57.544	19:11:24.067
	SKJI	19:10:23	19:10:40.720	19:10:55.455
	SMRI	19:10:23	19:11:16.347	19:11:59.257
	UGM	19:10:23	19:11:15.557	19:11:56.926
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
51	BJI	9:50:45	9:51:14.534	9:51:37.396
	BLJI	9:50:45	9:52:04.831	9:54:10.458
	BYJI	9:50:45	9:52:14.785	9:53:24.117
	CBJI	9:50:45	9:51:15.030	9:51:37.187
	CISI	9:50:45	9:51:00.410	9:51:12.793
	CMJI	9:50:45	9:50:58.270	9:51:11.286
	CNJI	9:50:45	9:51:07.658	9:51:23.747
	CTJI	9:50:45	9:51:11.178	9:51:32.129
	JAGI	9:50:45	9:52:11.517	9:53:19.463
	LEM	9:50:45	9:51:08.485	9:51:27.130
	PWJI	9:50:45	9:51:40.371	9:52:24.393

	RTBI	9:50:45	9:52:22.800	9:53:40.112
	SKJI	9:50:45	9:51:14.770	9:51:38.348
	SMRI	9:50:45	9:51:24.371	9:51:56.619
	SWJI	9:50:45	9:51:38.533	9:52:23.922
	TBJI	9:50:45	9:51:44.205	9:52:30.486
	UGM	9:50:45	9:51:23.077	9:51:52.040
	UWJI	9:50:45	9:51:34.573	9:52:13.367
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
52	BJI	14:42:54	14:43:27.755	14:43:53.891
	BLJI	14:42:54	14:43:34.490	14:44:04.436
	BYJI	14:42:54	14:43:41.060	14:44:18.996
	CISI	14:42:54	14:43:47.949	14:44:26.937
	CMJI	14:42:54	14:43:37.437	14:44:13.145
	CNJI	14:42:54	14:43:57.923	14:44:48.978
	JAGI	14:42:54	14:43:37.276	14:44:12.703
	KRK	14:42:54	14:43:17.267	14:43:36.233
	PCJI	14:42:54	14:43:00.115	14:43:17.644
	PWJI	14:42:54	14:43:11.032	14:43:26.048
	SWJI	14:42:54	14:43:16.773	14:43:31.297
	UGM	14:42:54	14:43:14.139	14:43:28.301
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
53	CBJI	0:13:22	0:13:51.847	0:14:16.308
	CGJI	0:13:22	0:13:32.784	0:13:40.269
	CISI	0:13:22	0:14:04.267	0:14:41.961
	CMJI	0:13:22	0:14:15.221	0:14:56.885
	CNJI	0:13:22	0:14:56.481	0:14:22.901
	LEM	0:13:22	0:14:01.778	0:14:32.232
	PWJI	0:13:22	0:15:00.735	0:16:18.943
	SKJI	0:13:22	0:13:48.466	0:14:07.906
	TNG	0:13:22	0:13:50.863	0:14:11.711
	UGM	0:13:22	0:14:43.709	0:15:47.615
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
54	CBJI	11:59:59	12:00:25.032	12:00:45.216
	CGJI	11:59:59	12:00:36.255	12:01:03.471
	CISI	11:59:59	12:00:14.655	12:00:26.443
	CMJI	11:59:59	12:00:21.145	12:00:39.988
	CNJI	11:59:59	12:00:15.636	12:00:27.132
	CTJI	11:59:59	12:00:36.058	12:01:06.268
	LEM	11:59:59	12:00:23.569	12:00:43.999
	PWJI	11:59:59	12:01:07.297	12:02:02.426
	SKJI	11:59:59	12:00:23.020	12:00:42.227

	SWJI	11:59:59	12:01:08.657	12:02:02.542
	UGM	11:59:59	12:00:49.547	12:01:29.946
	UWJI	11:59:59	12:01:01.740	12:01:49.511
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
55	CBJI	19:13:47	19:14:15.039	19:14:36.024
	CISI	19:13:47	19:13:59.138	19:14:08.592
	CMJI	19:13:47	19:14:00.936	19:14:10.099
	CNJI	19:13:47	19:14:05.043	19:14:21.255
	GRJI	19:13:47	19:14:55.584	19:15:48.344
	LEM	19:13:47	19:14:09.223	19:14:26.016
	PCJI	19:13:47	19:14:35.371	19:15:13.120
	PWJI	19:13:47	19:14:43.667	19:15:28.995
	SKJI	19:13:47	19:14:14.781	19:14:36.853
	SMRI	19:13:47	19:14:29.831	19:15:01.908
	UGM	19:13:47	19:14:26.343	19:14:56.478
	UWJI	19:13:47	19:14:39.839	19:15:18.687
	YOGI	19:13:47	19:14:23.228	19:14:52.683
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
56	BJI	8:35:27	8:36:01.212	8:36:26.283
	BLJI	8:35:27	8:36:00.001	8:36:26.501
	BYJI	8:35:27	8:36:10.013	8:36:45.920
	CISI	8:35:27	8:36:22.890	8:37:04.763
	CLJI	8:35:27	8:36:08.696	8:36:35.028
	CMJI	8:35:27	8:36:13.700	8:36:48.483
	GMJI	8:35:27	8:36:58.950	8:36:23.774
	GRJI	8:35:27	8:35:59.800	8:36:22.336
	NBBI	8:35:27	8:36:18.213	8:36:58.798
	PCJI	8:35:27	8:35:39.962	8:35:48.670
	PWJI	8:35:27	8:35:41.423	8:35:52.000
	SWJI	8:35:27	8:35:44.046	8:35:58.666
	UGM	8:35:27	8:35:48.898	8:36:02.658
	UWJI	8:35:27	8:36:01.615	8:36:26.972
	WOJI	8:35:27	8:35:46.486	8:35:57.935
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
57	BJI	13:41:05	13:41:57.616	13:42:35.419
	BLJI	13:41:05	13:41:34.025	13:41:55.459
	BYJI	13:41:05	13:41:38.643	13:42:03.280
	CGJI	13:41:05	13:42:50.983	13:44:12.910
	CMJI	13:41:05	13:42:09.254	13:42:59.301
	CNJI	13:41:05	13:42:28.798	13:43:33.978
	GRJI	13:41:05	13:41:39.647	13:42:06.154
	JAGI	13:41:05	13:41:34.145	13:41:55.117

	KRK	13:41:05	13:41:21.699	13:41:32.380
	NBBI	13:41:05	13:41:44.469	13:42:14.483
	NGJI	13:41:05	13:41:39.965	13:42:44.489
	PWJI	13:41:05	13:41:27.875	13:41:44.981
	SWJI	13:41:05	13:41:31.557	13:41:51.210
	UGM	13:41:05	13:41:44.647	13:42:10.917
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
58	BJI	3:15:56	3:16:39.390	3:17:13.794
	CBJI	3:15:56	3:16:27.877	3:16:51.250
	CISI	3:15:56	3:16:17.461	3:16:35.342
	CMJI	3:15:56	3:16:21.970	3:16:40.191
	CNJI	3:15:56	3:16:19.252	3:16:39.403
	DBJI	3:15:56	3:16:29.259	3:16:56.535
	GRJI	3:15:56	3:17:13.753	3:18:14.118
	JAGI	3:15:56	3:17:36.832	3:18:51.414
	LEM	3:15:56	3:16:28.298	3:16:49.324
	PCJI	3:15:56	3:16:53.018	3:17:37.724
	PWJI	3:15:56	3:17:01.666	3:17:53.140
	SKJI	3:15:56	3:16:25.179	3:16:46.429
	SMRI	3:15:56	3:16:50.510	3:17:30.427
	UGM	3:15:56	3:16:45.681	3:17:23.459
	YOGI	3:15:56	03:16:43.608	3:17:17.161
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
59	BLJI	20:39:14	20:39:59.637	20:40:35.524
	BYJI	20:39:14	20:40:09.929	20:41:00.000
	CBJI	20:39:14	20:40:22.387	20:41:17.070
	CGJI	20:39:14	20:40:37.642	20:41:44.124
	CISI	20:39:14	20:40:05.498	20:40:47.000
	CNJI	20:39:14	20:40:19.699	20:41:05.594
	GMJI	20:39:14	20:39:55.372	20:40:24.534
	JAGI	20:39:14	20:40:04.686	20:40:43.809
	JCJI	20:39:14	20:40:06.973	20:40:48.518
	KRK	20:39:14	20:39:43.260	20:40:04.724
	NBBI	20:39:14	20:40:16.248	20:41:07.198
	PCJI	20:39:14	20:39:28.456	20:39:37.070
	PWJI	20:39:14	20:39:36.065	20:39:53.207
	SKJI	20:39:14	20:40:23.913	20:41:18.647
	TGJI	20:39:14	20:40:00.543	20:40:30.095
	UGM	20:39:14	20:39:32.939	20:39:47.356
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
60	CBJI	2:46:48	2:47:17.968	2:47:39.354
	CISI	2:46:48	2:46:59.847	2:47:12.113

	CNJI	2:46:48	2:47:09.466	2:47:24.039
	GRJI	2:46:48	2:47:56.399	2:48:50.534
	PCJI	2:46:48	2:47:26.782	2:47:57.731
	PWJI	2:46:48	2:47:38.039	2:48:15.653
	SKJI	2:46:48	2:47:10.756	2:47:29.836
	SMRI	2:46:48	2:47:15.378	2:47:34.473
	UGM	2:46:48	2:47:23.851	2:47:50.757
Event	Stasiun	Origin	Tp	Ts
61	BJI	0:25:04	0:26:44.962	0:28:07.855
	BLJI	0:25:04	0:26:10.589	0:27:05.474
	CBJI	0:25:04	0:26:45.834	0:28:07.607
	CISI	0:25:04	0:26:13.092	0:27:11.660
	CLJI	0:25:04	0:26:06.380	0:26:58.574
	CMJI	0:25:04	0:26:07.334	0:27:07.555
	GMJI	0:25:04	0:26:09.603	0:27:06.364
	GRJI	0:25:04	0:26:37.030	0:27:51.521
	JAGI	0:25:04	0:26:30.117	0:27:44.071
	KRK	0:25:04	0:26:08.386	0:27:01.321
	NBBI	0:25:04	0:26:08.934	0:27:03.933
	PCJI	0:25:04	0:26:12.829	0:27:08.525
	PWJI	0:25:04	0:26:16.397	0:27:18.526
	SKJI	0:25:04	0:26:08.922	0:27:03.950
	SMRI	0:25:04	0:26:09.129	0:27:01.622
	UGM	0:25:04	0:26:12.716	0:27:05.975
	WOJI	0:25:04	0:26:25.379	0:27:22.597

BIOGRAFI PENULIS



Khoirun Nisa, lahir di Pasuruan pada tanggal 11 Juni 1989, merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara pasangan Moch Hudi dan Nurochmah. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Kauman Bangil, SMPN 1 Bangil, SMAN 1 Bangil, S1 Pendidikan Fisika Universitas Negeri Malang (UM) angkatan 2006 dan S2 Fisika Institut

Teknologi Surabaya (ITS) angkatan 2013 dengan NRP 1113201001. Di Jurusan Fisika ini, penulis mengambil bidang minat Geofisika. Selama menjadi mahasiswa S2 Fisika ITS, penulis mengikuti publikasi artikel ilmiah dalam Seminar *International Conference On Science and Science Education 2015* di Salatiga. Akhir kata apabila ada kritik dan saran, dapat dikirimkan ke: khoirunisaq@gmail.com.

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Peta event dan letak stasiun pencatat gempa di Pulau Jawa.....	6
2.2 Pergerakan gelombang Primer pada partikel batuan (Kearay dan brooks,1984)	7
2.3 Pergerakan gelombang Sekunder pada partikel batuan (Kearay dan brooks,1984)	8
2.4 Pergerakan gelombang Rayleigh.....	9
2.5 Pergerakan gelombang Love.....	9
2.6 Ilustrasi algoritma gempa double-difference.....	11
2.7 Skema kerja Algoritma LOTOS.....	13
3.1 Diagram Alur Penelitian	18
4.1 Peta persebaran gempa dan stasiun.....	21
4.2 Picking data menggunakan Seisgram 2K60.....	22
4.3 Posisi gempa sebelum dan sesudah direlokasi.....	28
4.4 Posisi pembagian cluster yang sudah direlokasi.....	29
4.5 Model kecepatan bumi 1D.....	31
4.6 Distribusi anomali Vp pada sayatan Horizontal Tomogram pada kedalaman (a) 10 km (b) 20 km (c) 30 km (d) 40 km (e) 50 km (f)60 km (g)80 km (h) 100 km.....	32
4.7 Distribusi anomali Vs pada sayatan Horizontal Tomogram pada kedalaman (a) 10 km (b) 20 km (c) 30 km (d) 40 km (e) 50 km (f)60 km (g)80 km (h) 100 km.....	33
4.8 Garis <i>cross section</i> untuk menampilkan distribusi Vp dan Vs dan rasio Vp/Vs pada irisan vertical.....	34
4.9 Anomali Vp pada sayatan Vertikal.....	35
4.10 Anomali Vp pada sayatan Vertikal.....	36
4.11 Anomali Kecepatan Absolut Gelombang P pada sayatan vertikal	37
4.12 Anomali Kecepatan Absolut Gelombang S pada sayatan vertikal	37
4.13 Distribusi rasio Vp/Vs pada sayatan horizontal tomogram pada kedalaman (a) 10 km, (b) 20 km, (c) 30 km, (d) 40 km, (e) 50 km, (f) 60 km. (g) 60 km, (h) 100 km.....	39
4.14 Distribusi rasio Vp/Vs pada sayatan vertikal.....	40



PENCITRAAN TOMOGRAFI SEISMIK 3D PULAU JAWA MENGGUNAKAN *LOCAL TOMOGRAPHY SOFTWARE* (LET) LOTOS-12

Khoirun Nisa
NRP. 1113201001

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. rer-nat. Bagus Jaya Santosa, S.U.

Program Pascasarjana
Jurusan Fisika
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2015

PENDAHULUAN

Indonesia



Tumbukan
Lempeng Tektonik



Pulau Jawa



Metode Seismik



Permodelan
Seismik



LOTOS-12



PENDAHULUAN



Rumusan Masalah dan Tujuan

- Waktu tiba gelombang-P (t_p) dan waktu tiba gelombang-S (t_s).
- Distribusi anomali kecepatan gelombang-P dan kecepatan gelombang-S.
- Tomografi 3D Pulau Jawa menggunakan LOTOS-12.



Batasan Masalah

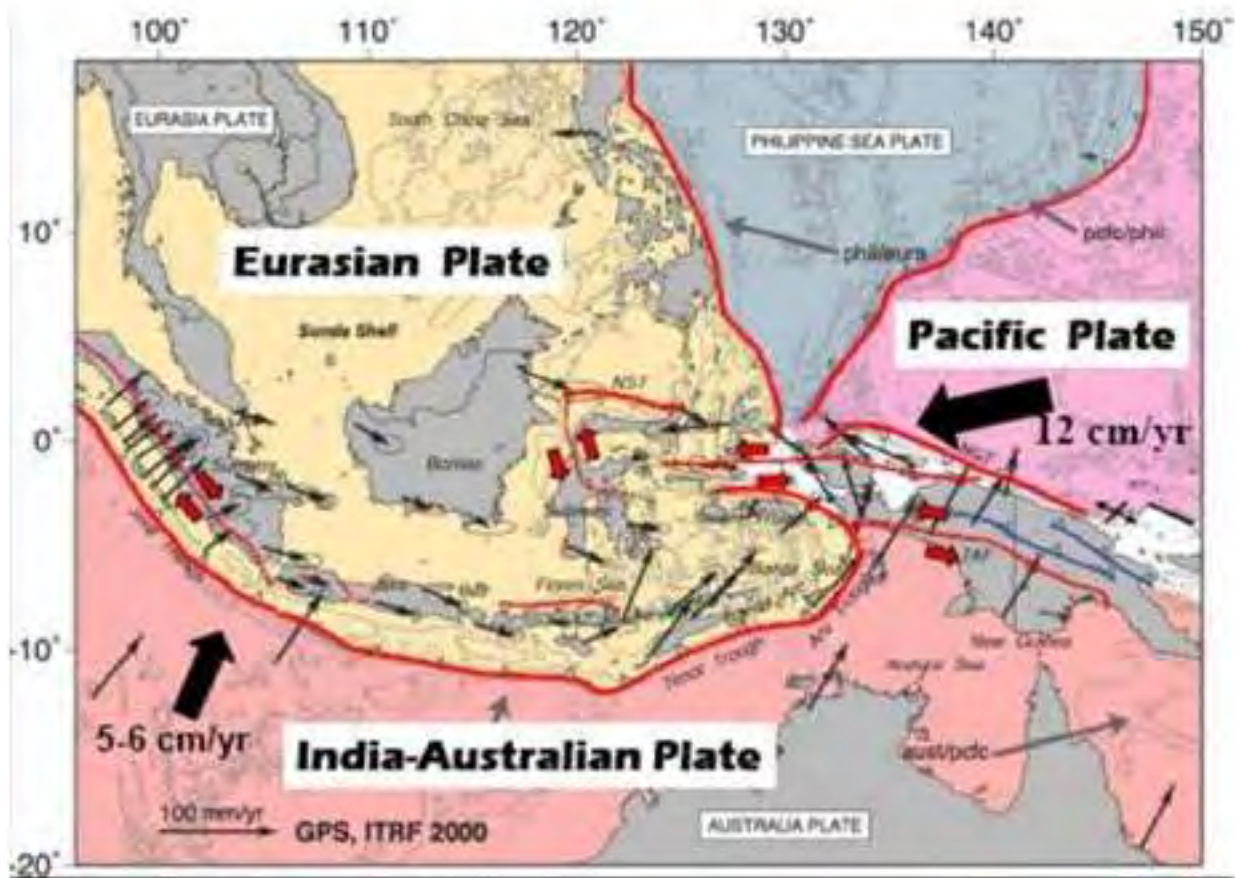
- Data yang digunakan merupakan data gempa bumi di Pulau Jawa pada tanggal 01 Januari 2010 sampai 01 Januari 2013.
- Pengolahan data awal pada penentuan waktu tiba gelombang-P dan waktu tiba gelombang-S menggunakan *Seisgram2K60 Software*.
- Proses inversi tomografi menggunakan LOTOS-12



DASAR TEORI



Geologi Pulau Jawa



DASAR TEORI



Gelombang Seismik

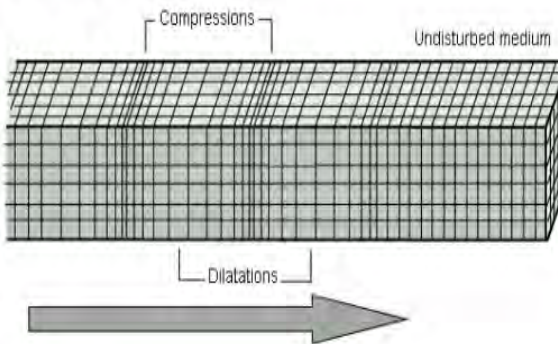
Gelombang Badan

- Gelombang Primer
- Gelombang Sekunder

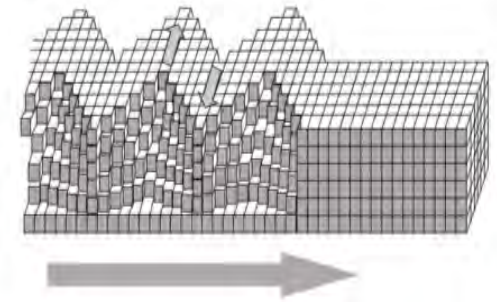
Gelombang Permukaan

- Gelombang *Rayleigh*
- Gelombang *Love*

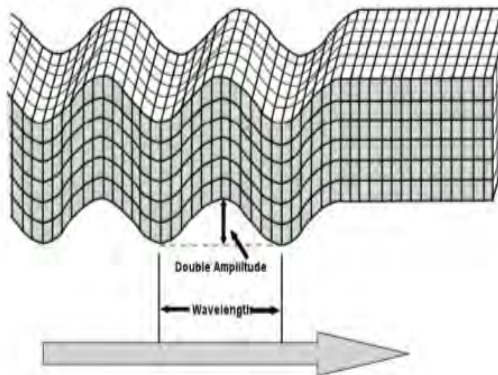
P Wave



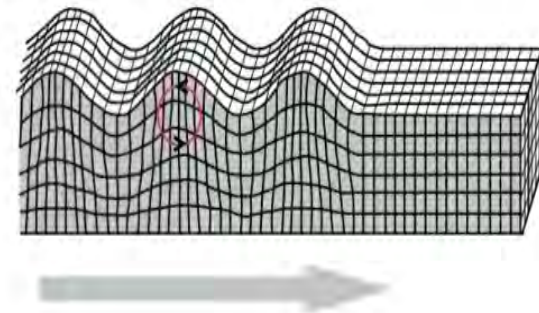
Love Wave



S Wave



Rayleigh Wave

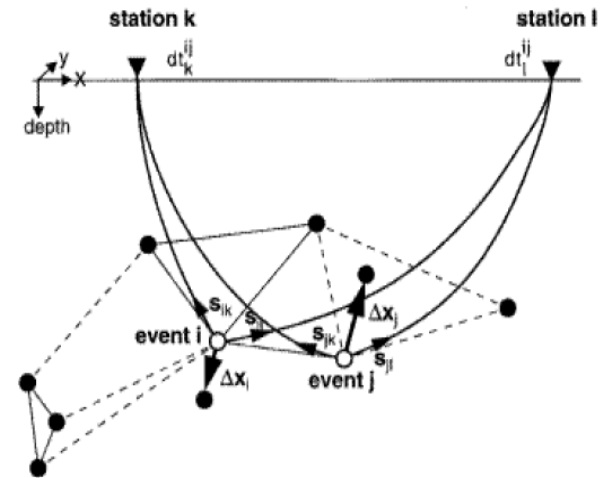


DASAR TEORI



Penentuan Hiposenter dengan HypoDD

- Metode yang digunakan dalam relokasi hiposenter adalah metode Double Difference (DD) dengan menggunakan software HypoDD.
- HypoDD Menggunakan data waktu tempuh antara dua gempa bumi yang letak hiposenternya berdekatan. Jika jarak antara dua hiposenter gempa bumi sangat kecil dibandingkan dengan jarak hiposenter terhadap stasiun, maka dapat dianggap bahwa *raypath* kedua gempa bumi tersebut mendekati sama.

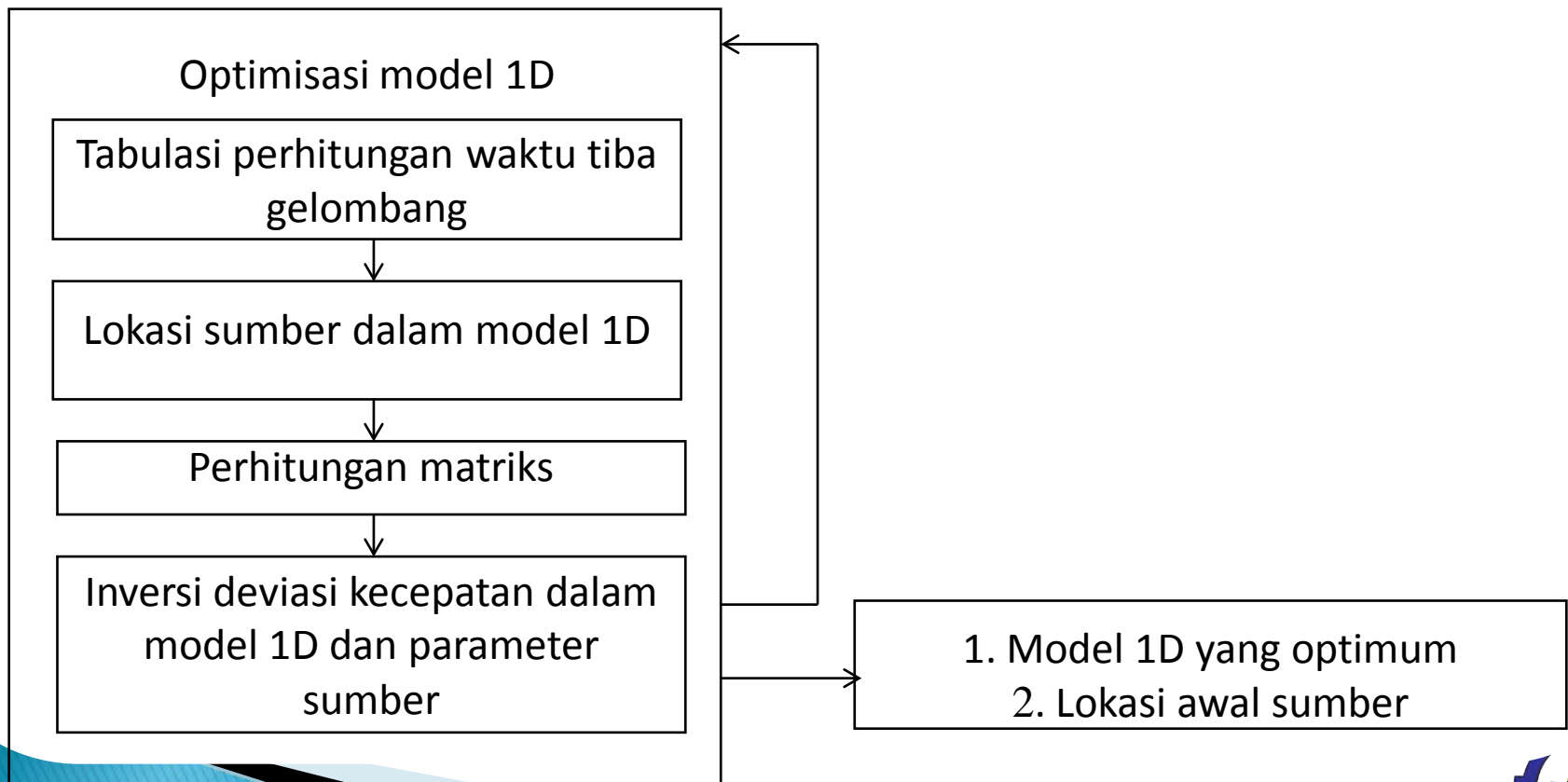


DASAR TEORI



Metode Seismik Tomografi dengan LOTOS-12

1. Optimisasi simultan untuk model kecepatan 1D terbaik dan lokasi awal sumber.



DASAR TEORI

2. Algoritma *Bending* untuk *Ray Tracing* pada Model Kecepatan 3D

3. Iterasi Inversi Tomografi

- Penentuan lokasi sumber dalam kecepatan 3D
- Parameterisasi titik gempa
- Perhitungan matriks dan inversi V_p – V_s
- Siklus iterasi



METODOLOGI

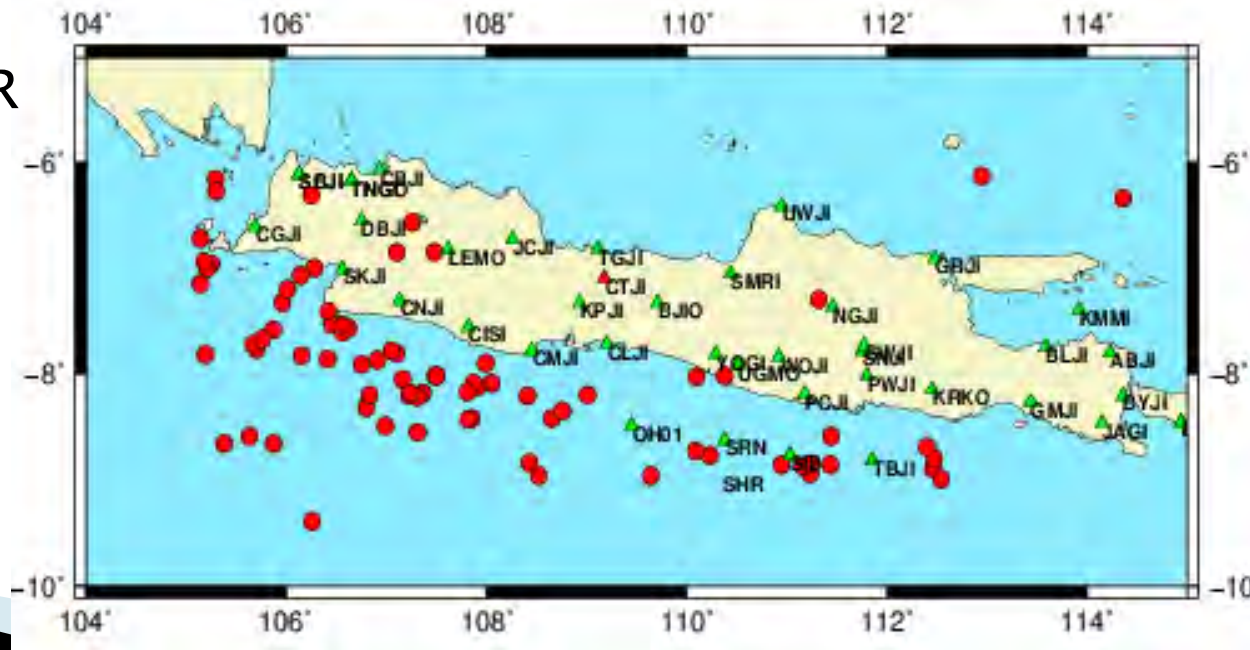


Area dan Data Penelitian (61 event di 44 stasiun pencatat)

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang *download* dari <http://www.webdc.eu/webdc3/>

Karakteristik dari data tersebut antara lain:

- ▶ Terjadi di Pulau Jawa dengan koordinat $-9^{\circ}\text{LU}—(-6)^{\circ}\text{LU}$ and $105^{\circ}\text{BT}—115^{\circ}\text{BT}$,
- ▶ Terjadi dalam rentang waktu 1 January 2010 sampai 1 January 2013
- ▶ Magnitude $>4,7$ SR
- ▶ Terekam
- ▶ di 44 stasiun



METODOLOGI



Alat

- ☐ openssl-0.9.8k_win64
- ☐ Jrdseed
- ☐ TauP-2.1.1
- ☐ seisgram2k60
- ☐ hypoDD
- ☐ GMT
- ☐ LOTOS-12



DIAGRAM ALIR

Studi Pustaka



Pengumpulan
Data



PickingData



Relokasi Hiposenter



Lokasi hiposenter
dalam 3D



Anomali gelombang
P dan S



Model kecepatan
anomali
gelombang
P dan S dalam 3D



Interpretasi





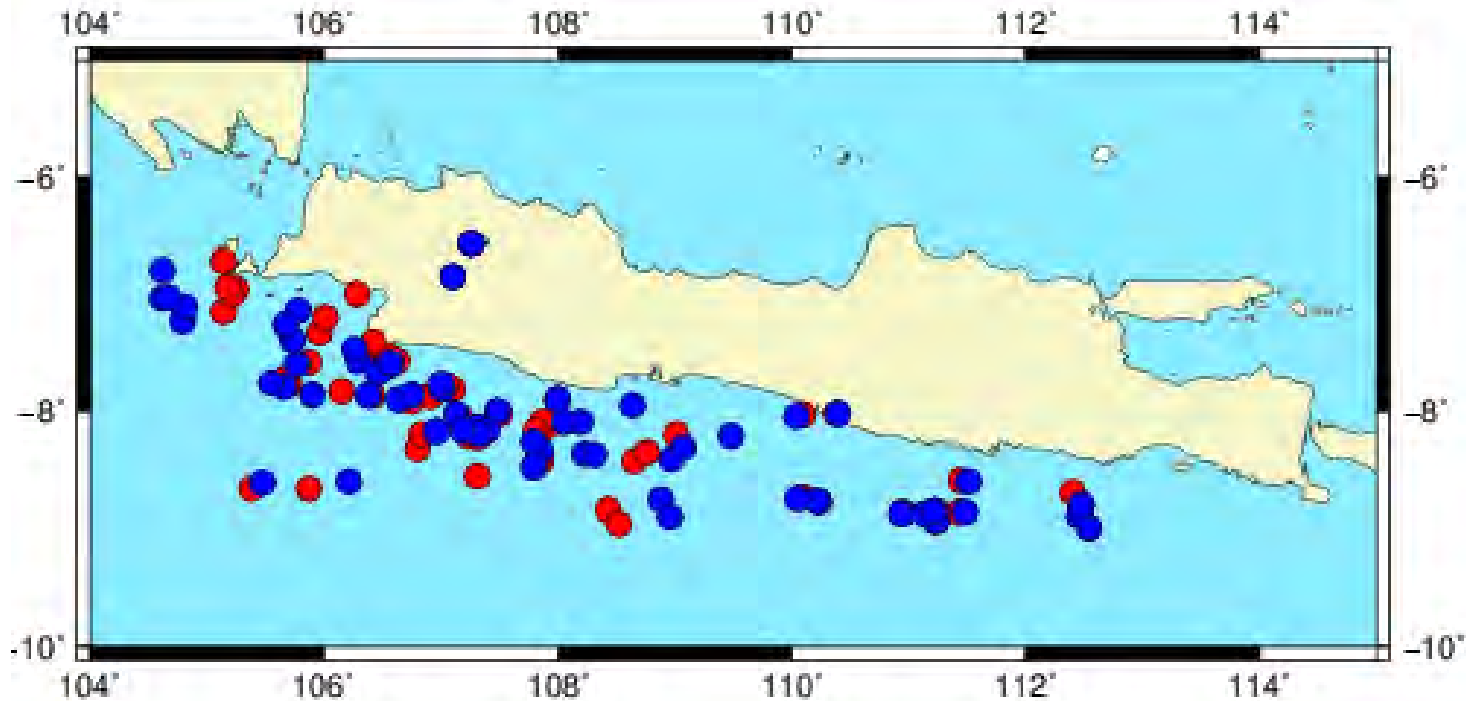
HASIL DAN PEMBAHASAN

Relokasi hiposenter

- ❑ Relokasi hiposenter dilakukan dengan bantuan *software* HypoDD. HypoDD merupakan software yang beroperasi di sistem operasi berbasis Linux
- ❑ Input yang diperlukan dalam software HypoDD :lokasi gempa (data *latitude*, data *longitude* dan data kedalaman bawah permukaan serta data waktu asal) dan lokasi stasiun (data *latitude*, data *longitude*).
- ❑ Output yang diperlukan dalam inversi tomografi adalah hasil relokasi berupa data *latitude*, *longitude* dan kedalaman yang mengalami perubahan dari data awal.(file . hypoDD.reloc)

HASIL DAN PEMBAHASAN

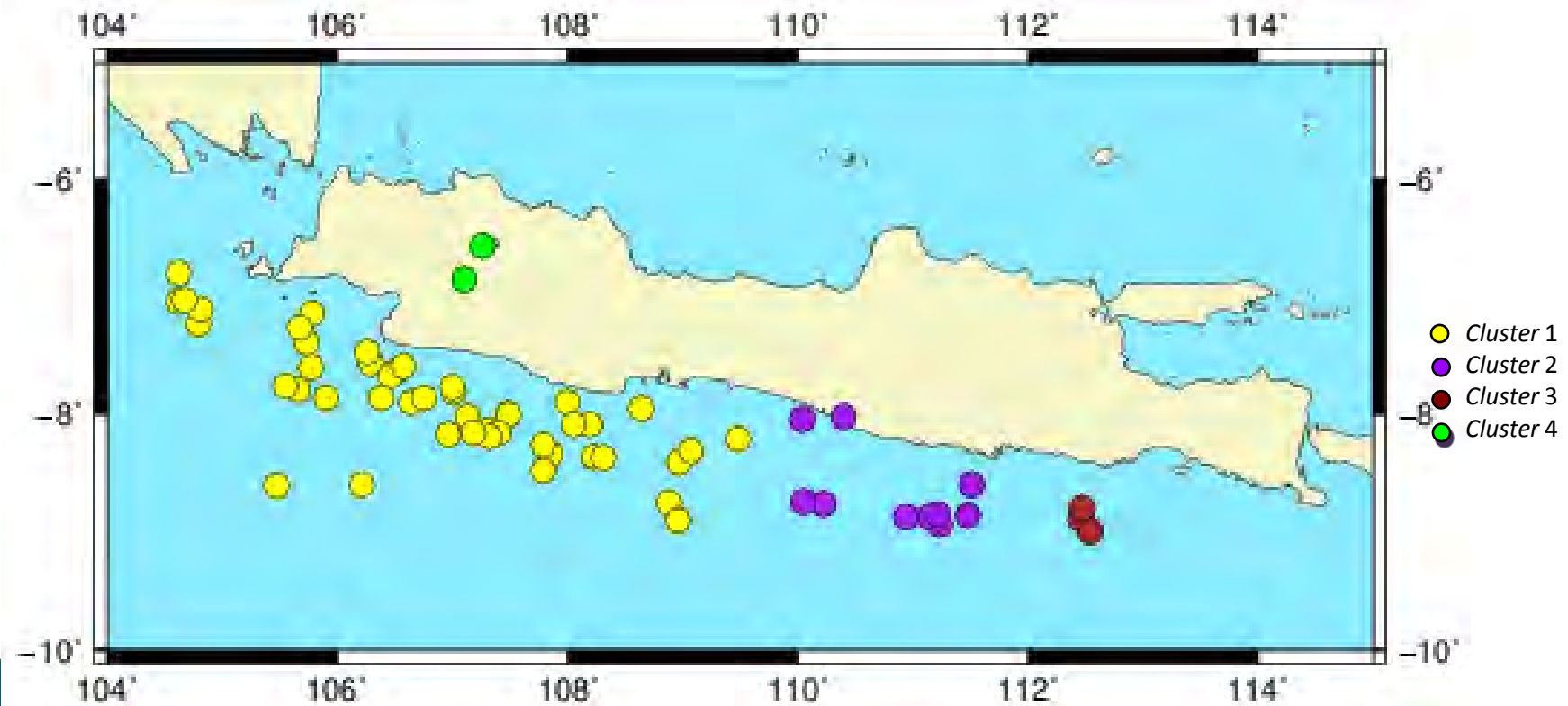
Hasil Relokasi hiposenter



Lingkaran berwarna merah merupakan posisi gempa sebelum direlokasi dan lingkaran biru merupakan posisi gempa sesudah direlokasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hiposenter hasil relokasi





HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil inversi Tomografi

- ❑ Input diletakkan di folder *inidata* yang di dalamnya berisi identitas *file rays* dan *stat_ft*. Pada *file rays* berisi hiposenter *event* beserta waktu tempuh dari setiap stasiun. *file stat_ft* berisi identitas stasiun berupa *latitude*, *longitude*, dan kedalamannya.
- ❑ *Output display* berupa *setver.dat*, *sethor.dat*, dan *config.dat*.

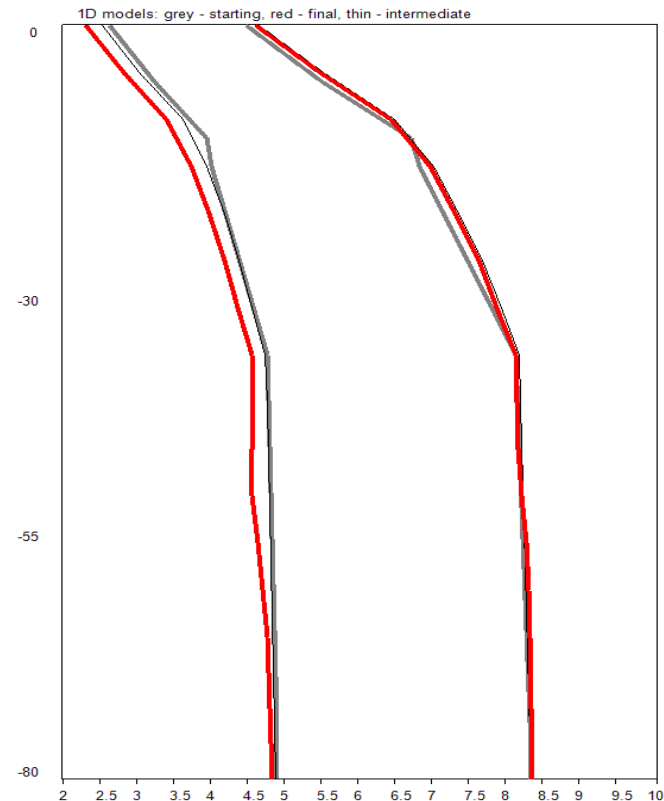
HASIL DAN PEMBAHASAN

Model kecepatan bumi 1D

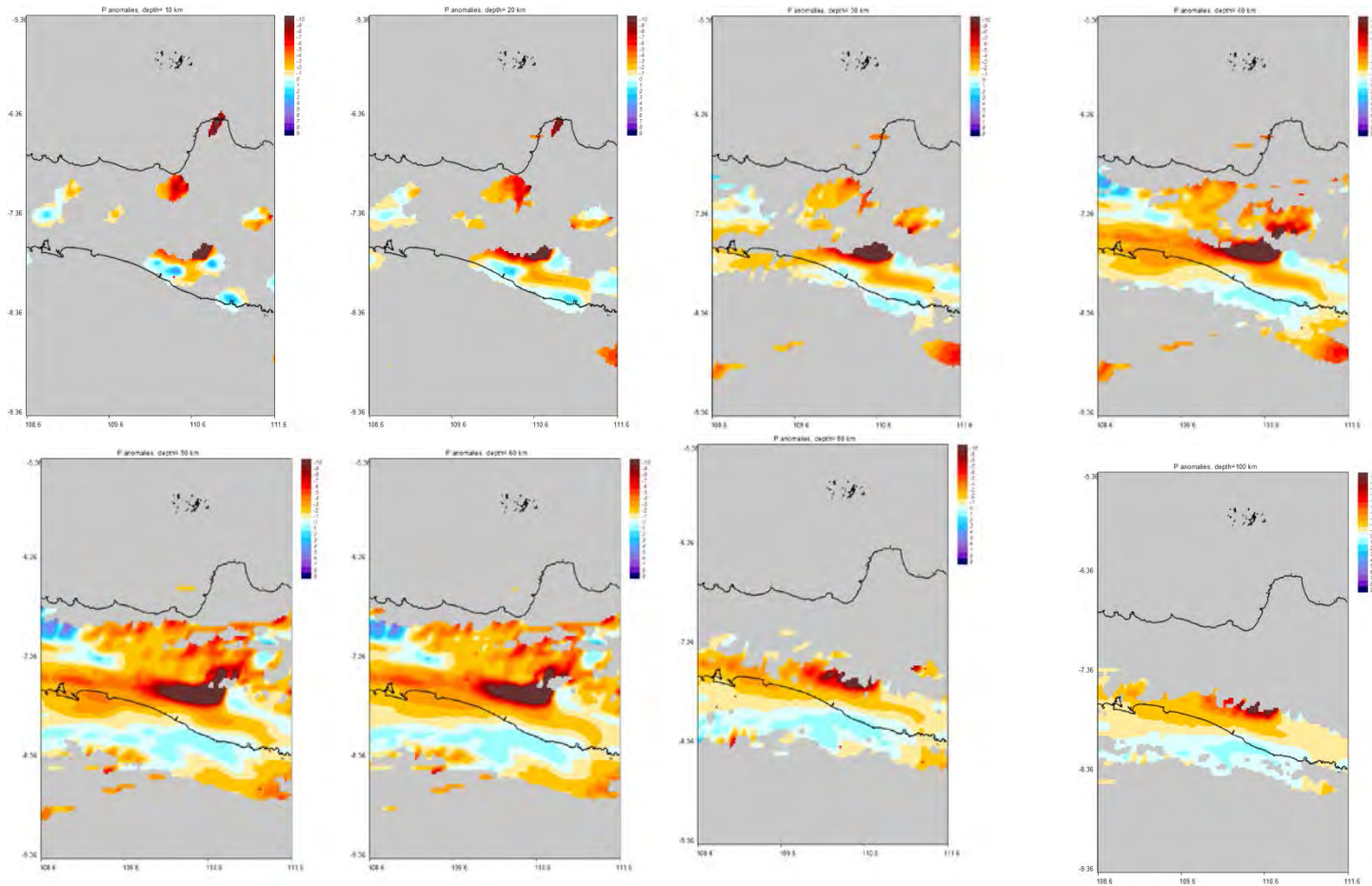
Tabel 4.3. Model referensi kecepatan gelombang P dan gelombang S (interpolasi Wagner dkk. Dan AK135)

Ked .(km)	Vp (km/s)	Vs (km/s)
5	5	2.94
10	6	3.52
15	6.75	3.97
25	7.11	4.18
35	7.24	4.25
45	7.37	4.33
60	7.6	4.47
100	7.95	4.67
160	8.17	4.80
210	8.3	4.88
360	8.8	5.17
460	9.52	5.60
510	9.69	5.70

Gambar 4.5. Model Kecepatan Bumi 1D

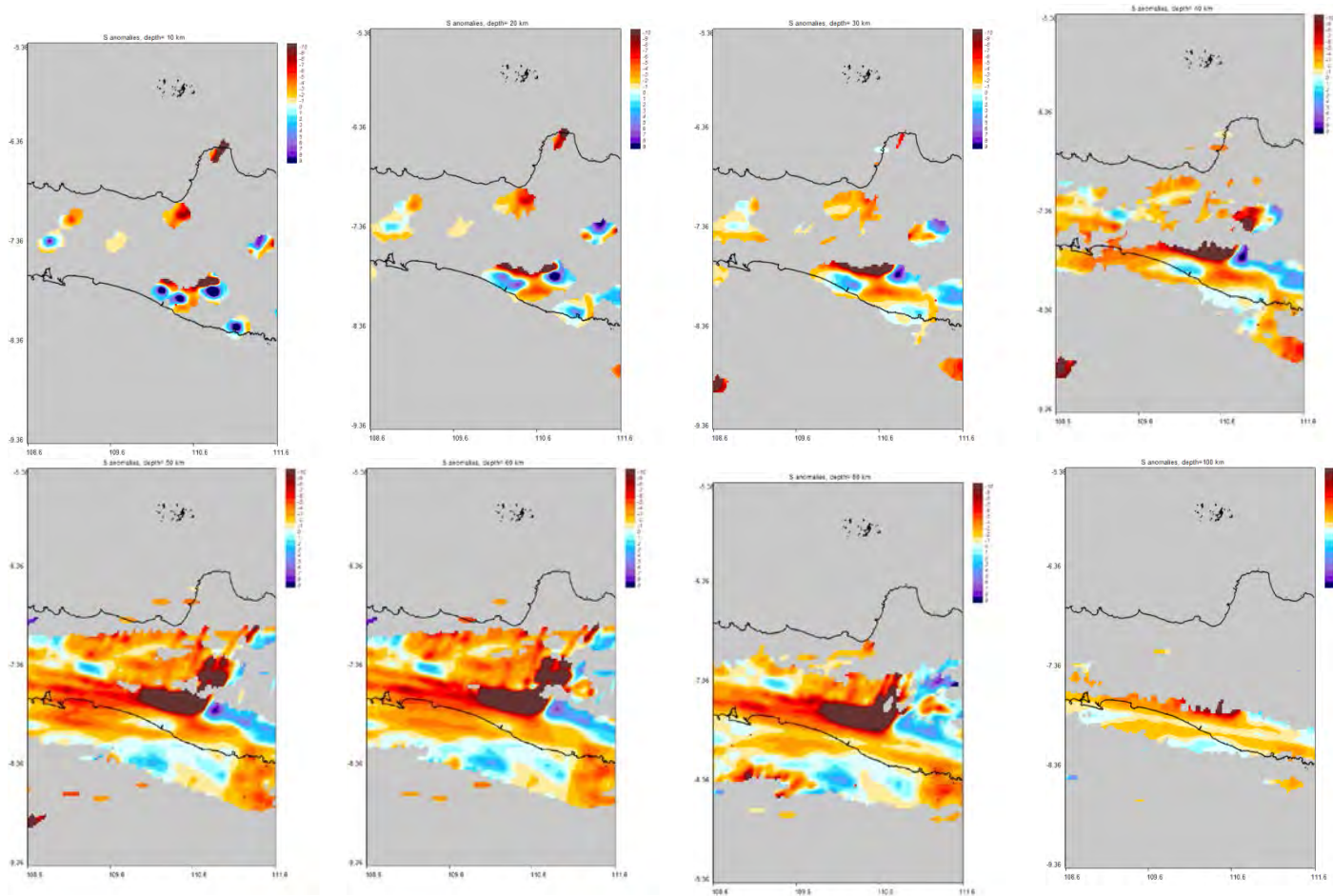


HASIL DAN PEMBAHASAN



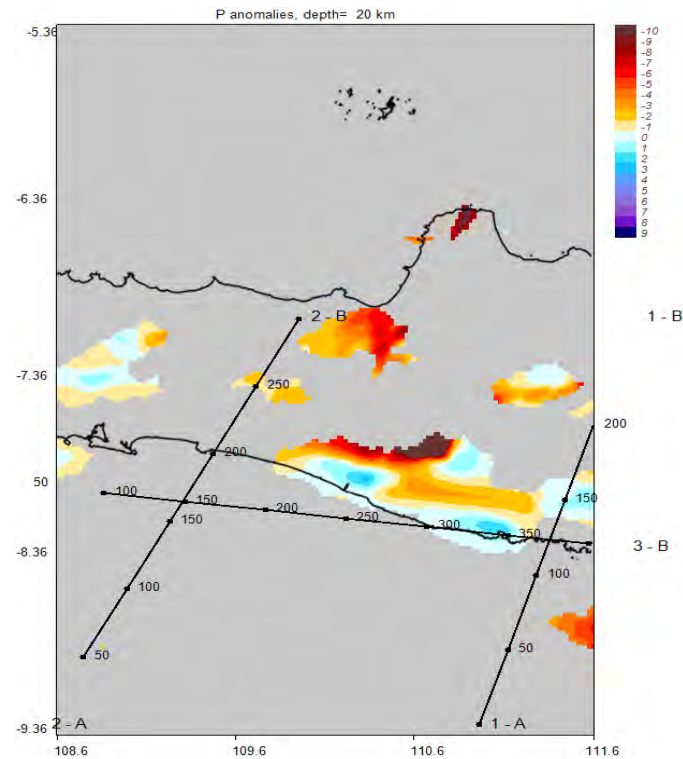
Gambar 4.6 Distribusi anomali V_p pada sayatan horizontal tomogram pada kedalaman (a) 10 km, (b) 20 km, (c) 30 km, (d) 40 km, (e) 50 km, (f) 60 km, (g) 80 km, dan (h) 100 km

HASIL DAN PEMBAHASAN



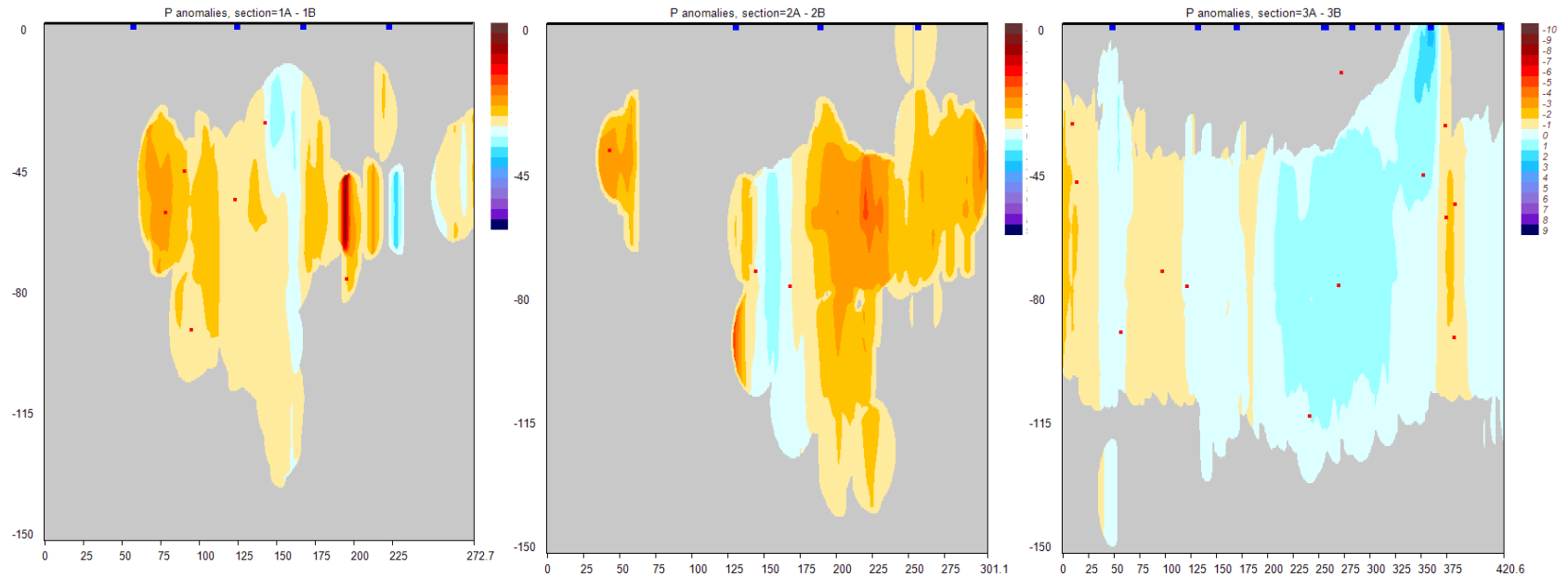
Gambar 4.7 Distribusi anomali Vs pada sayatan horizontal tomogram pada kedalaman (a) 10 km, (b) 20 km, (c) 30 km, (d) 40 km, (e) 50 km, (f) 60 km (g) 80 km, (h) 100 km.

HASIL DAN PEMBAHASAN



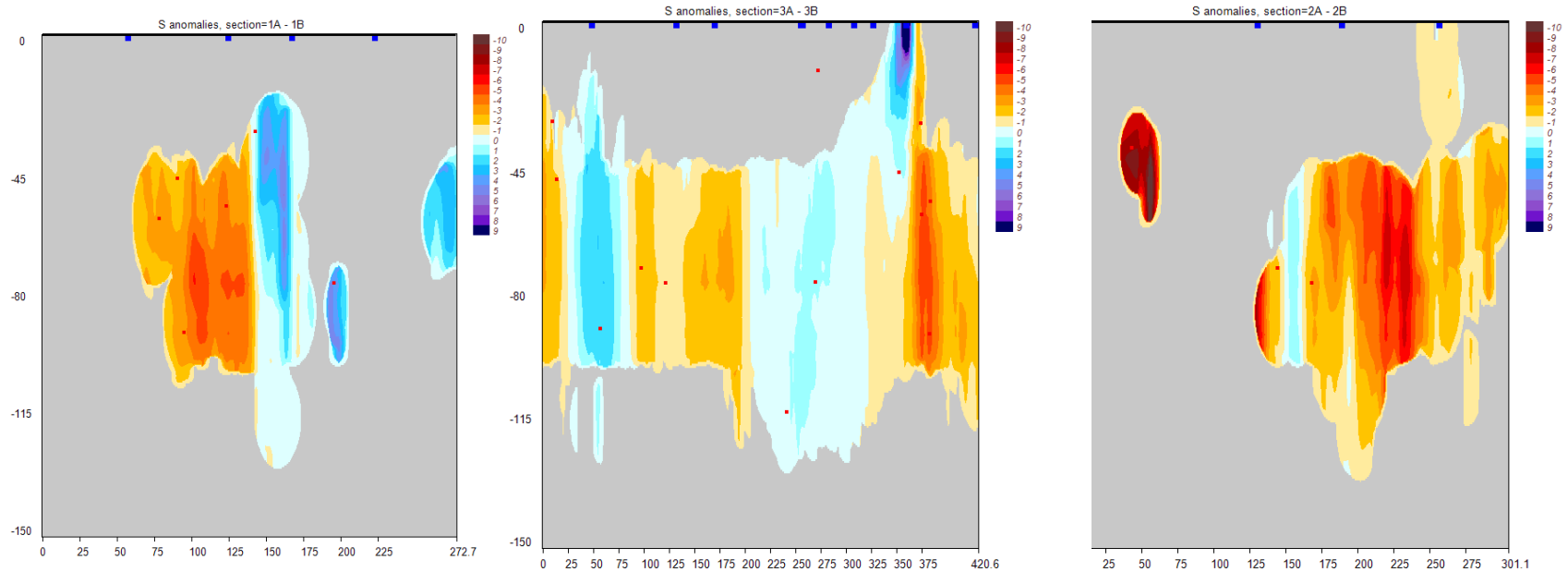
Gambar 4.8 Garis *cross section* untuk menampilkan distribusi V_p dan V_s dan rasio V_p/V_s pada sayatan vertikal

HASIL DAN PEMBAHASAN



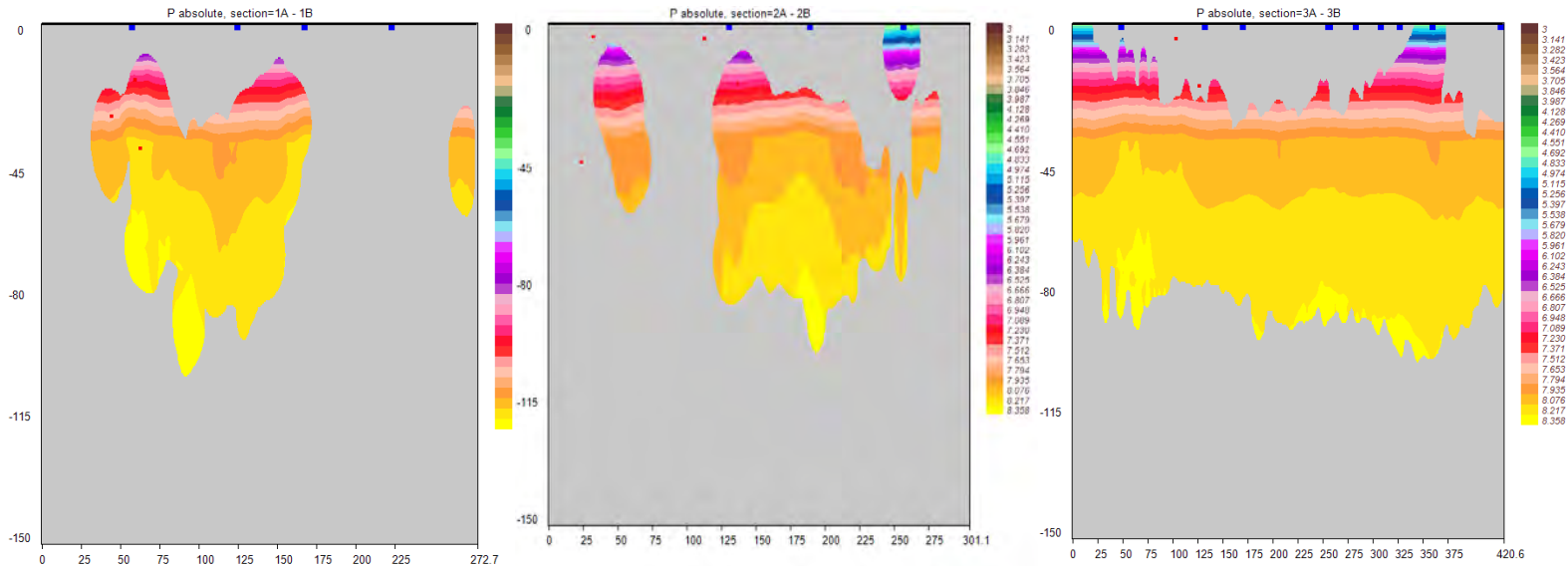
Gambar 4.9 Anomali V_p pada sayatan vertikal

HASIL DAN PEMBAHASAN



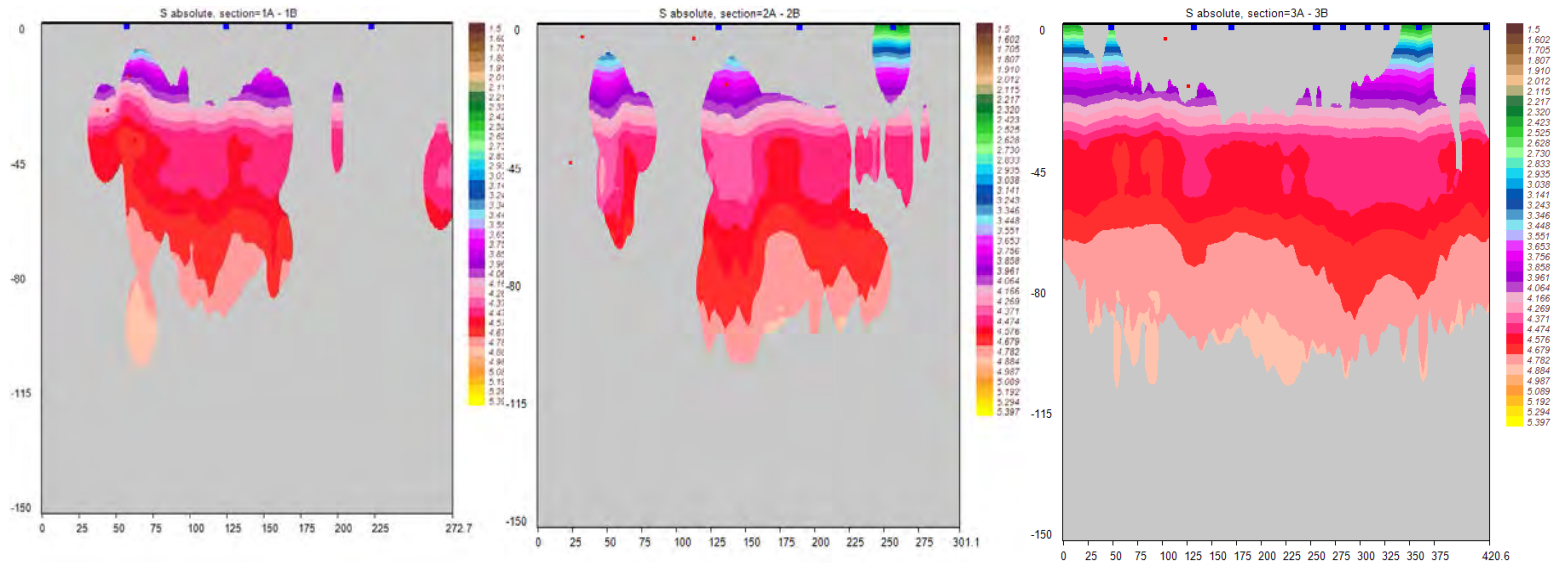
Gambar 4.10 Anomali Vs pada sayatan vertikal

HASIL DAN PEMBAHASAN



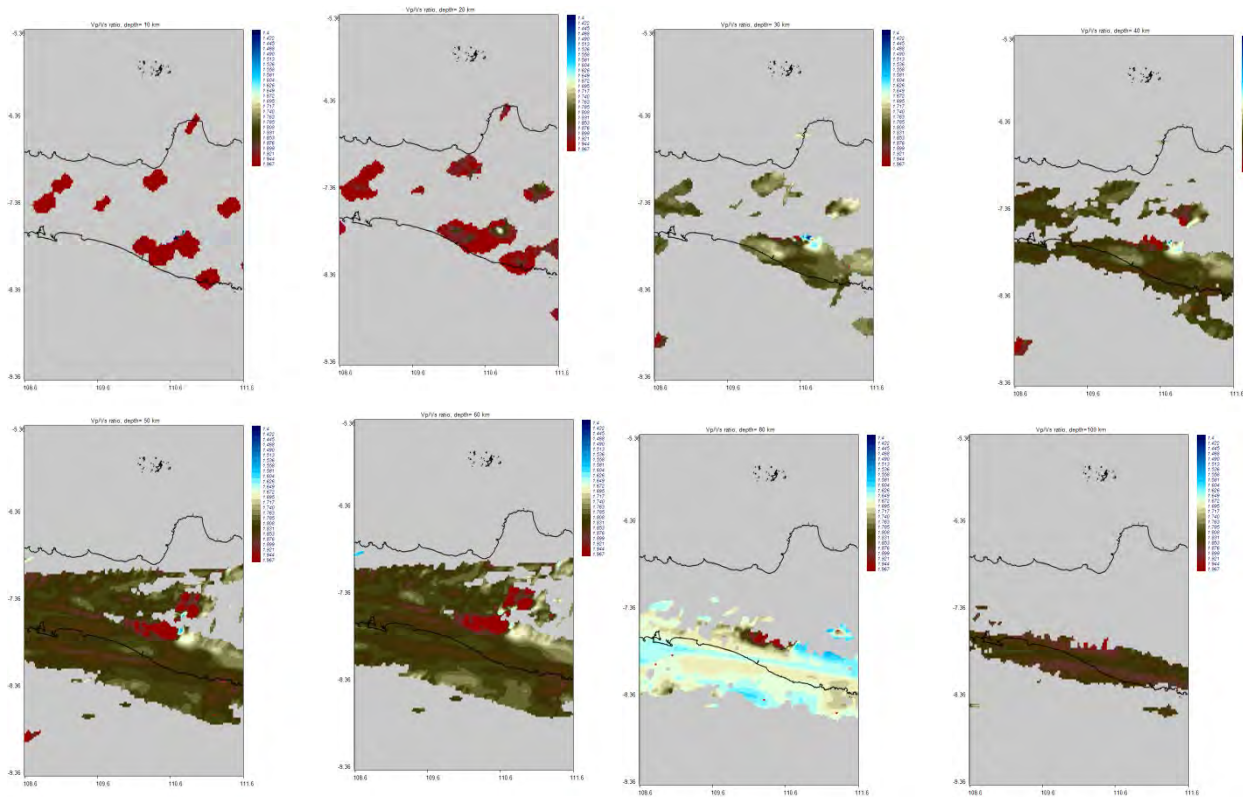
Gambar 4.11 Anomali kecepatan absolut gelombang P pada sayatan vertikal

HASIL DAN PEMBAHASAN



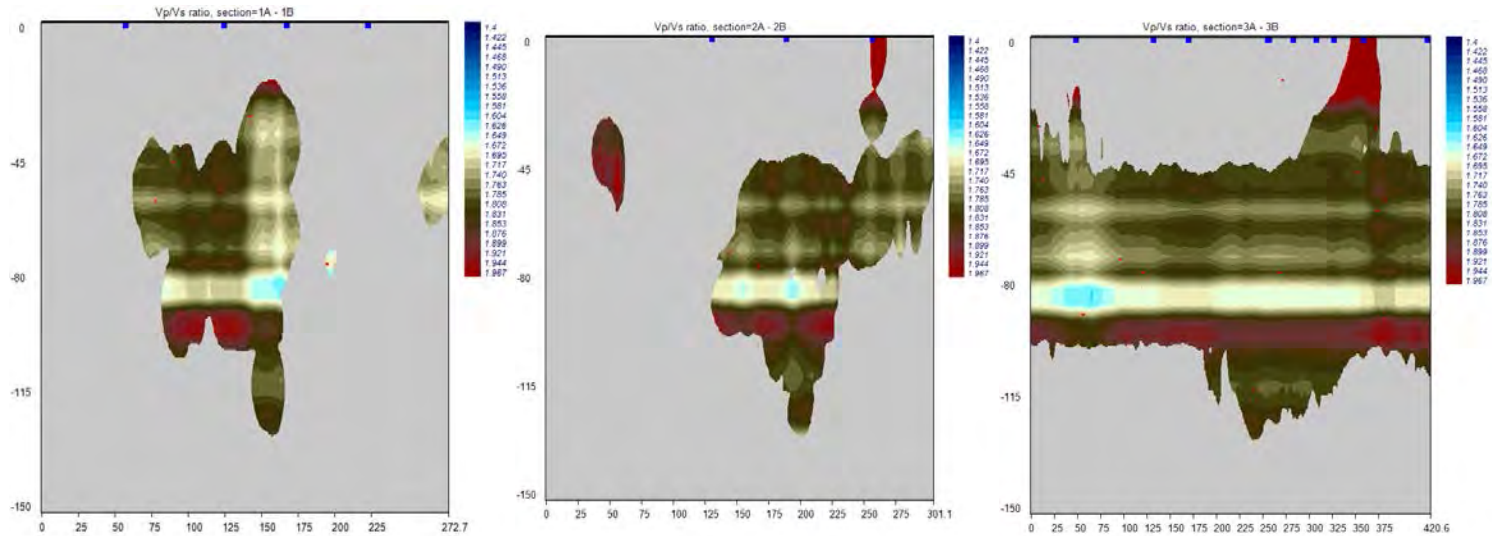
Gambar 4.12 Anomali kecepatan absolut gelombang S pada sayatan vertikal

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 4.13 Distribusi rasio V_p/V_s pada sayatan horizontal tomogram pada kedalaman (a) 10 km, (b) 20 km, (c) 30 km, (d) 40 km, (e) 50 km, (f) 60 km, (g) 60 km, (h) 100 km

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 4.17 Distribusi rasio V_p/V_s pada sayatan vertikal

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- ❑ Terdapat 61 *event* gempa yang terjadi di Pulau Jawa dengan *magnitude* di atas 4,7 SR dan sebanyak 1774 gelombang yang dianalisis, dengan rincian 887 gelombang P dan 887 gelombang S.
- ❑ Kecepatan gelombang P (V_p) dan kecepatan gelombang S (V_s) pada beberapa bagian dalam Bumi adalah sebagai berikut:
 - Pada kerak bagian atas, V_p sekitar 6,243 km/s sampai 8,076 km/s dan V_s sekitar 3,243 km/s sampai 4,576 km/s,
 - Pada kerak bagian bawah, V_p sekitar 8,076 km/s sampai 8,217 km/s dan V_s sekitar 4,269 km/s sampai 4,576 km/s, dan
 - Pada mantel bagian atas, V_p sekitar 8,217 km/s dan V_s sekitar 4,884 km/s.
- ❑ Pada kedalaman sekitar 0 km hingga 20 km memiliki rasio V_p/V_s tinggi, sedangkan rasio V_p/V_s yang rendah berada pada mayoritas kedalaman 20 km hingga 115 km.
- ❑ Anomali negatif terdapat pada daerah yang diindikasikan terdapat tumbukan 2 lempeng tektonik, yaitu lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia.



KESIMPULAN DAN SARAN

Saran

Adapun saran dari penulis yaitu perlunya penambahan event dan tiap event memiliki jumlah stasiun perekam yang sama untuk memudahkan pengolahan data dan analisis.




TERIMA KASIH




WebDC3 at eida.gfz-potsd...
 webdc.eu/webdc3/

Most Visited Leipzig studieren! Speaking | LetSpeakEn... Belgium | Annisa Hasa... http://ecoaltenergy.fil... Deutsch - warum nich... file:///C:/Users/User/D... Hostel Hunting | PPI G... 7 Alasan kenapa kuliah...




GFZ
Helmholtz-Zentrum
POTSDAM



GEOFON

Access to GEOFON and EIDA Data Archives



EIDA
HELMHOLTZ-ZENTRUM POTSDAM
DEUTSCHES
GEOFORSCHUNGSZENTRUM

Explore events Explore stations Submit request Download data View console [OLD webdc.eu portal](#) [PDF Help](#)

Stations Controls

Station Information

Browse Inventory User Supplied

Networks

Year from 1980 to 2015:

Network Type:
All nets

Network Code:
All Networks

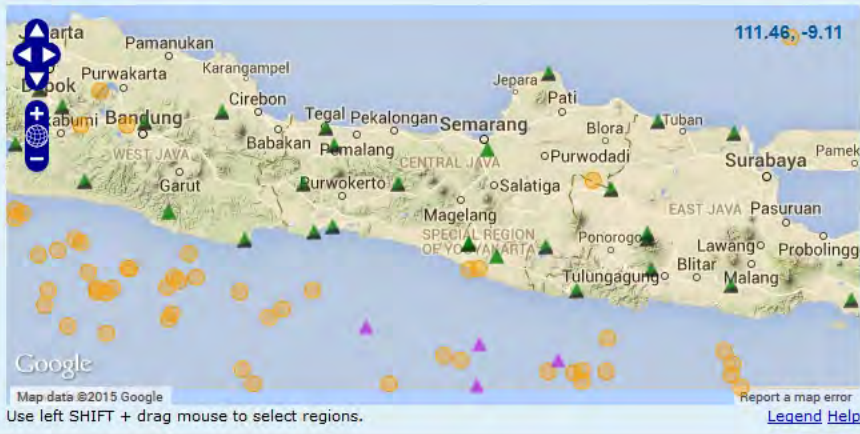
* = temporary network; + = restricted access

Stations

by Code by Region by Events

Filter stations by region:

Event and Station Map



Google
Map data ©2015 Google
Use left SHIFT + drag mouse to select regions.
[Report a map error](#)
[Legend](#) [Help](#)

Event and Station List

Request: Freeze Delete Stations Save Stations Delete Events



```
Command Prompt - Java -jar JrdseedVer0.10.1.jar

Microsoft Windows [Version 6.2.9200]
(c) 2012 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\KHOIRUNISA>d:

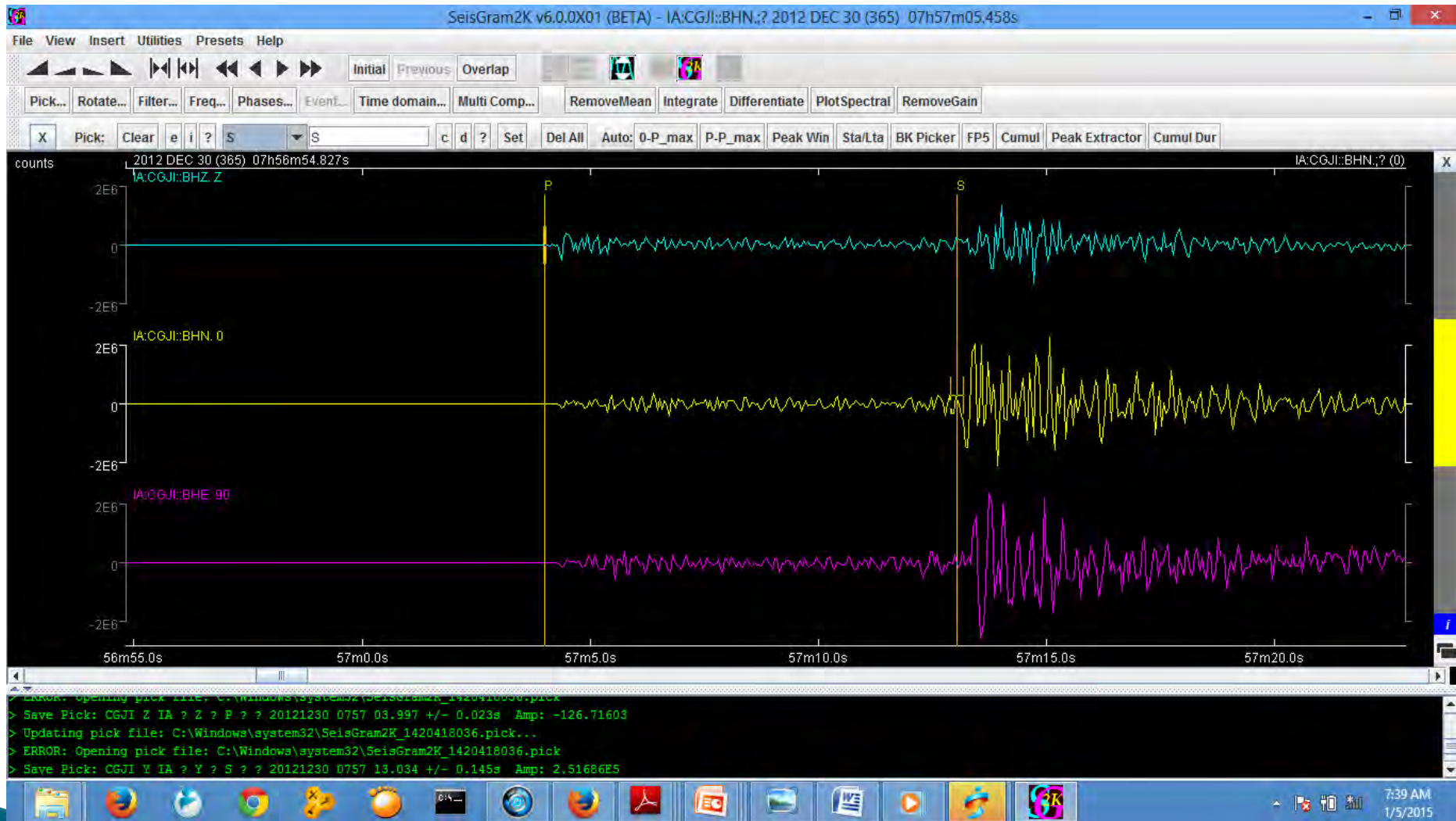
D:\>cd "data"

D:\data>rename 2012-04-12.15.01.seed 2012-04-12.15.01.seed.openssl

D:\data>openssl des-cbc -pass pass:"IIzmJxji" -in 2012-04-12.15.01.seed.openssl
-out 2012-04-12.15.01.seed -d

D:\data>Java -jar JrdseedVer0.10.1.jar
<< Java SEED Reader, Release 0.10.1 237 >>
Input File (</dev/nrst0> or 'Quit' to Exit): 2012-04-12.15.01.seed
Output File (stdout) :
Volume # [(1)-N] :
Options [acCsSpRtdel] : d_
```





STUDY ON HYPOCENTER RELOCATION IN JAVA ISLAND USING HYPODD SOFTWARE

Khoirun Nisa*, Bagus Jaya Santosa

Institute Technology of Sepuluh Nopember, Indonesia

Email: khoirun.nisa13@mhs.physics.its.ac.id, bjs@physics.its.ac.id

Keywords: Relocation, Hiposenter, HypoDD, Pulau Jawa, Webdc

EXTENDED ABSTRACT

Java is one of the islands are prone to earthquakes and volcanic activity, because in Java have collision of two major tectonic plates that are bent Eurasian Plate and slipped under Indo - Australia Plate to get into subduction zones. Seismic method is one way determine of subsurface conditions in the island of Java. The Method is development characteristic of 1D models on the data inputs used seismic wave data is tectonic earthquake that occurred on the island of Java in the span of January 1, 2010 until January 1, 2013. Recorded 61 events were recorded in 44 earthquake monitoring stations in around the island of Java. The stages in this study are picking P and S waves using SeisGram2K60, then relocated hypocenter with HypoDD software. The results indicate relocation There are 15 events of 61 events is not became different. The results indicate a moving hypocenter relocation That Are More Than 50 km by 7 show From totaled 61 events . Indicate a moving hypocenter relocation spread in any direction and doesn't have a tendency in a certain direction . Methods hypoDD more Effective For relocation of local earthquakes Center.

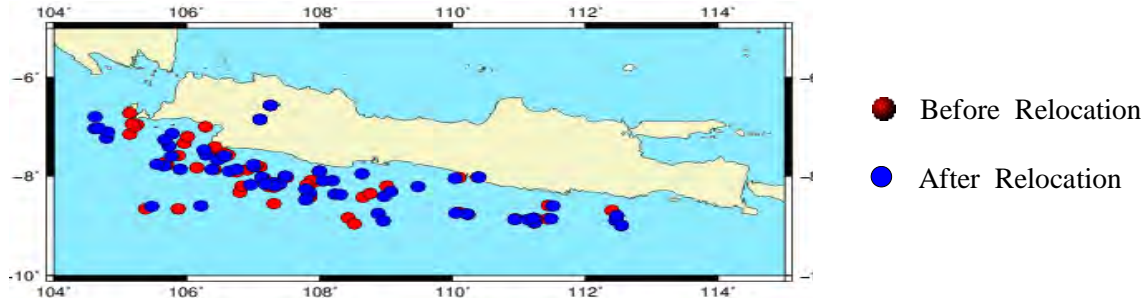


Figure 1: Locate earthquake before and after relocation

1. Introduction

Indonesia is one area that has an interesting geological conditions, this is due to a cluster of islands formed by the collision of tectonic plates large. Indonesia is the meeting of three major tectonic plates that are Indo-Australian Plate, the Eurasian Plate and the Pacific Plate. The collision between the Indo-Australian plate subduction generate lies in the south of Java Island, an active mountain track of

all the islands of Sumatra, Java reached the southern part of Nusa Tenggara.

Java island has an area of about 139,000 km² with a population of 136 million people. This island is one of the most densely populated areas in the world. Almost of the entire area of Java obtained by the effects of volcanic activity. There are thirty-eight mountains that stretches from east to west which within a certain time ever becoming an active volcano.

Relocation of earthquake hypocenter is important for obtaining a very accurate earthquake location which is needed for mapping of earthquakes vulnerability, velocity structure study, global and local studies of seismicity analysis and detail structural analysis as well as identification of the fault zone, distribution and orientation of microfracture. One technique currently use to relocate earthquake is HypoDD. In astronomical Java is located at -9° - -6° LU and 105° - 115° BT. From the astronomical layout can be seen that there is a collisions of two large tectonic plates. Collisions between the Indo-Australian plate with the Eurasian plate bent and slipped under the Pacific plate up into the asthenosphere (Subduction Zone), which at this point is the position of the focal point tectonic earthquake, resulting in Java into areas which may experience an earthquake. Apart from the influence of the Indo - Australian plate collision with the Eurasian plate, volcanic activity or volcanism in Java occur below the earth's surface caused by high pressure and temperature.

2. Materials and Methods

2.1 Research Methods

In this study, the data used is secondary data that is downloaded from <http://www.webdc.eu/webdc3/>. The data are seismic data that occurred in Java with coordinates -9° LU- -6° LU and 105° BT- 115° BT, within one year starting January 1st, 2010 to January 1st, 2013. Recorded 61 events with 887 seismic waves that can be analyzed. Seismic recording station network as much 44 stations scattered throughout the region of Java. 1-D velocity model for the Java Island region as shown in Table 1.

Table 1. 1-D velocity model Java Island

Depth (km)	Vp (km/s)	Vs (km/s)
5	5	2.94
10	6	3.52
15	6.75	3.97
25	7.11	4.18
35	7.24	4.25
45	7.37	4.33
60	7.6	4.47
100	7.95	4.67
160	8.17	4.80
210	8.3	4.88
360	8.8	5.17
460	9.52	5.60
510	9.69	5.70
610	10	5.88

Source: Interpolation Wagner dkk. and AK135

2.2 HYPODD

The method that will be used to relocate hypocenter is Double Difference (DD). Principle of Double Difference method is to use the data travel time between two earthquakes which their hypocenter lies adjacent. If the distance between two earthquake hypocenter is very small compared with the distance of the epicenter to the station, it can be considered that the raypath between the two earthquakes is similar. So it can be assumed that the difference in travel time between the two earthquakes recorded on the same station is a function of distance between the hypocenter.

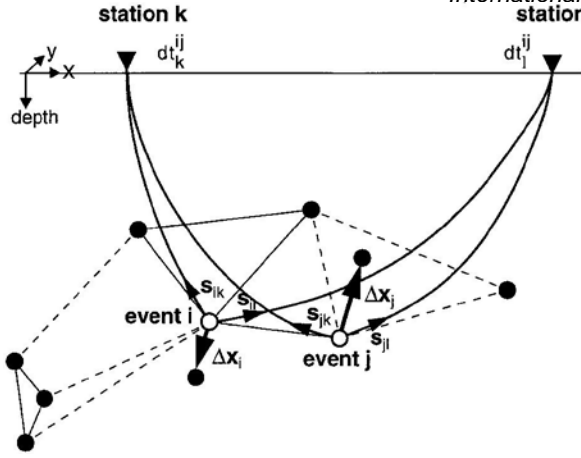


Figure. 2. Illustration of Double Difference Algorithm[6]

Figure 2 is an illustration of the double difference earthquake relocation algorithm. Black and white circles indicate the preliminary hypocenter were associated with earthquakes around the cross correction data (straight line) or catalog (dashed line). The adjacent earthquake, i earthquake and j earthquake are indicated by white circles. Both earthquakes are recorded at station k and l with dt_k^{ij} and dt_l^{ij} time difference, and its vector slowness.

Travel time observation and travel time calculation residual between the two adjacent seismic can be expressed by the equation:

$$d_k^{ij} = (t_k^i - t_k^j)^{obs} - (t_k^i - t_k^j)^{cal} \quad (1)$$

with d_k^{ij} is the residual value, $(t_k^i - t_k^j)^{obs}$ is the travel time of seismic waves based on observations between i earthquake and j earthquake to k station, and $(t_k^i - t_k^j)^{cal}$ is the travel time of seismic waves based calculations between i earthquake and j earthquake to k station.

To facilitate the solution it is assumed that the velocity model has represented the actual situation, and reading of travel time is right. Linearization of the problem can be written as follows:

$$\Delta d = \frac{\partial t_k^i}{\partial m} \Delta m^i - \frac{\partial t_k^j}{\partial m} \Delta m^j \quad (2)$$

Δm is the hypocenter model changes consisting of four parameters hypocenter (x_o, y_o, z_o, t_o) . If the equation (2) is arranged for all stations and formed into the matrix can be written as follows:

$$W \Delta d = W G \Delta m \quad (3)$$

Δd matrix containing a residual and its size is $M \times 1$. M is the number of double difference observations.

The matrix G is the Jacobian matrix, containing the partial derivatives of travel time residual value of each station to the hypocenter parameters which size is $M \times 4N$, N is the number of seismic events and 4 is the number of parameters hypocenter (x_o, y_o, z_o, t_o) . Δm matrix containing position and time of the earthquake hypocenter (x, y, z, t) which size is $4N \times 1$. While the matrix W is a diagonal matrix containing the weighting in the calculation of the travel time of the wave equation. If the hypocenter determination has been done, but the result in minimum residual value is still great so it is necessary to do the iteration, so that the minimum residual value will be smaller and closer to zero which indicates that improvement of hypocenter position has been reached.

3. Results and Discussion

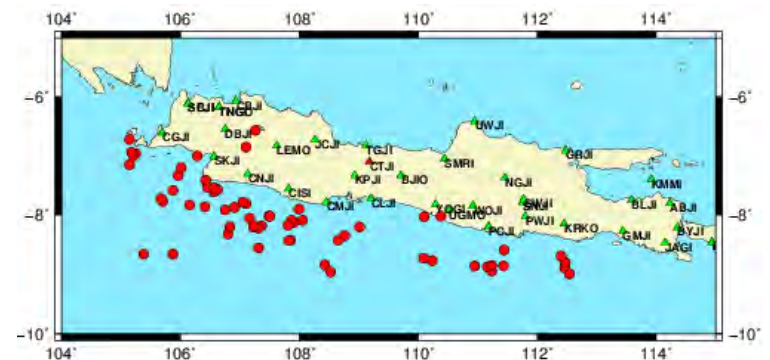


Figure. 3. Mapping of distribution earthquake and station.

The data used in this research is the seismic data that has been recorded in

approximately 61 earthquake recording stations scattered throughout the region of Java, in the time range starting January 1st, 2010 to January 1st, 2013. Recorded 61 events, which each event has recorded the number of stations ranging from 6 to 26 stations. So, there are 1774 seismic waves that can be analyzed, which consists of 887 P waves and 887 S waves. Then the seismic waves are picked to get their arrival time. The process of manual picking done by using Seisgram2K60 software.

After passing through the process of picking, obtained arrival time of P waves and S waves. Then, this data is used as input data on software HypoDD to get earthquake relocation position. In hypocenter relocate, it is also necessary 1D velocity model parameters. The determination of the hypocenter relocation is intended to improve the accuracy position of earthquake sources.

Based on the results of the relocation was found that the majority of recorded earthquakes are middle earthquakes occur at depths more than 60 km and less than 300 km. While the shallow earthquake is only 27 events which occur at depth less than 60 km. And only 5 earthquakes shift more than 50 km. There are 15 events of 61 events is not became different. The results indicate a moving hypocenter relocation that are more than 50 km by 7 show from total events .

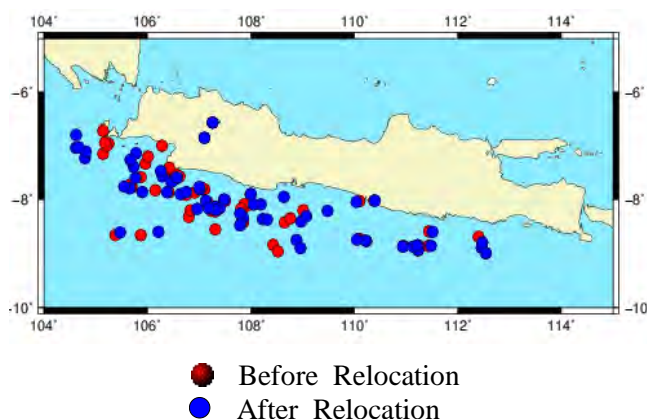


Figure. 4. Combination Mapping earthquake before and after relocation using HypoDD software.

See figure 4 that the red circle is the position of the earthquake before being relocated and blue circle is the position of the earthquake after being relocated. X-axis of the figure is the limit in units of degrees longitude and latitude boundary Y axis is in units of distance. Most earthquakes accumulate on the southern island of Java due to the passage of the collision of the Indo-Australian plate and the Pacific plate . Figure 4 shows that the majority of earthquakes occur near the subduction zone . Earthquakes that occur in areas close to the subduction zone will have a shallow depth, while getting away from the subduction zone, the depth will increase. This shift of hypocenter spread in all direction and do not have a tendency. Relocation using HypoDD showed an increase in quality when viewed from the residual distribution.

4. Conclusion

From the data relocation results Webdc island of Java 2010-2013 using hypoDD software

1. The results indicate relocation There are 15 events of 61 events is not became different.
2. The results indicate a moving hypocenter relocation that are more than 50 km by 7 show from total events.
3. The results indicate a moving hypocenter relocation spread in any direction and doesn't have a tendency in a certain direction.
4. Methods hypoDD more effective for relocation of local earthquakes center.

Acknowledgment

THIS DATA IS BASED ON WORK SUPPORTED BY WEBDC. ANY OPINIONS, FINDINGS, AND CONCLUSIONS OR RECOMMENDATIONS EXPRESSED IN THIS MATERIAL ARE THOSE OF THE AUTHORS

References

- Geiger, L. 1910. *Herbsetimmung bei Erdbeben aus den Ankunftszeiten*, K. Gessell.Wiss. Goett. 4, 331-349.

- Gylfi P.H., Axel Bjornsson. 1991. *Geophysical Exploration for Geothermal Resources Principles and Application*. UNU Geothermal Training Programme Reykjavik. Iceland
- Madrinovella, I. Widianoro, S. Meilano, I. 2011. *Relokasi Hiposenter Gempa Padang 30 September 2009 Menggunakan Metode Double-Difference*. JTM **XVIII** (1):3-10.
- Rohadi, S., Widiyantoro, S., Nugraha, A.D., Masturyono. 2012. *Relokasi Hiposenter Gempa Di Jawa Tengah Menggunakan Inversi Tomografi Double-Difference Simultan Dan Dari Katalog MERAMEX*. JTM **XVIII** (2):95-105.
- Rohadi, S., Widiyantoro, S., Nugraha, A.D., Masturyono. 2012. *Pencitraan Struktur 3d Kecepatan Gelombang Seismik Menggunakan Metode Tomografi Double-Difference Dan Data Gempa Di Jawa Tengah*. JTM **XIX** (2):82-94.
- Sunardi, B., Rohadi, S., Masturyono., Widiyantoro, S., Sulastris. 2012. *Relokasi Hiposenter Gempa Bumi Wilayah Jawa Menggunakan Teknik Double Difference*. Jurnal Meteorologi dan Geofisika Vol.13 No 3 th 2012 (179-188)
- Waldhauser, Felix and William L. Ellsworth. 2000. *A Double Difference Earthquake Location Algorithm: Method and Application to the Northern Hayward Fault*. California. Bulletin of the Seismological Society of America, 90, 6, pp. 1353-1368